

TESIS - KI142502

PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA
UNTUK PEMILIHAN *SEMANTIC WEB SERVICE*
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN TARIK ULUR
VARIABILITAS DAN KOMPLEKSITAS PROSES BISNIS

Nanang Yudi Setiawan
5112201015

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D

PROGRAM MAGISTER
REKAYASA PERANGKAT LUNAK
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

THESIS - KI142502

MULTI-CRITERIA DECISION MAKING FOR SELECTING SEMANTIC WEB SERVICE CONSIDERING VARIABILITY AND COMPLEXITY TRADE-OFF

Nanang Yudi Setiawan
5112201015

SUPERVISOR
Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D

MASTER PROGRAM
SOFTWARE ENGINEERING
INFORMATICS ENGINEERING
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Komputer (M.Kom.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

NANANG YUDI SETIAWAN

NRP. 5112201015

Dengan Judul :

Pengambilan Keputusan Multi-Kriteria Untuk
Pemilihan *Semantic Web Service* Dengan Mempertimbangkan
Tarik Ulur Variabilitas Dan Kompleksitas Proses Bisnis

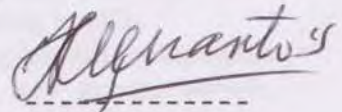
Tanggal Ujian : 1 Juni 2016

Periode Wisuda : 2016 Genap

Disetujui oleh :

1. Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D

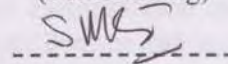
NIP. 19590803 198601 1 001



(Pembimbing)

2. Dr. Ir. Siti Rochimah, M.T.

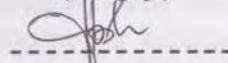
NIP. 19681002 199403 2 001



(Penguji)

3. Sarwosri, S.Kom., M.T.

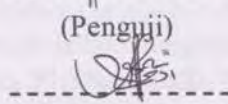
NIP. 19760809 200112 2 001



(Penguji)

4. Adhatus Solichah Ahmadiyah, S.Kom., M.Sc.

NIP. 19850826 201504 2 002




(Penguji)

Direktor Program Pasca Sarjana,



Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc. Ph.D.

NIP. 19604202 198701 1 001



PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTI-KRITERIA UNTUK PEMILIHAN LAYANAN WEB SEMANTIK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN TARIK ULUR VARIABILITAS DAN KOMPLEKSITAS PROSES BISNIS

Nama mahasiswa : Nanang Yudi Setiawan
NRP : 5112201015
Pembimbing : Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D

ABSTRAK

Pemanfaatan perangkat lunak berbentuk layanan memungkinkan pengguna dapat memperoleh *web service* menyesuaikan kebutuhan proses bisnisnya serta prioritas pemenuhannya. Kesesuaian model proses bisnis serta kualitas *web service* yang ditawarkan kepada pengguna dapat menjadi pertimbangan dalam memilih *web service* yang paling memenuhi preferensi yang dibutuhkan pengguna. Pendekatan *semantic web service* menjadi salah satu penyelesaian untuk memfasilitasi penempatan model proses bisnis dan atribut kualitas kedalam deskripsi *web service*. Penerapannya dilakukan dengan menganotasikan model proses bisnis dan atribut kualitas dalam bentuk bahasa ontologi pada publikasi *Semantic Annotations for Web Service Description Language* (SAWSDL) oleh penyedia layanan. Kualitas layanan diperoleh dari tingkat variabilitas dan kompleksitas dari model proses bisnis yang terpilih, sedangkan biaya sewa, kapasitas permintaan, dan waktu *latency* adalah beragam berdasarkan penyedia *web service* yang terpilih.

Permasalahan tarik ulur antara variabilitas dan kompleksitas proses bisnis menjadi pertimbangan utama dalam memilih alternatif *web service* terbaik, sehingga layanan dapat diterapkan untuk beragam proses bisnis namun dengan tetap memperhatikan tingkat kompleksitas yang dapat terjadi. Permasalahan tarik ulur dalam seleksi *web service* multi-kriteria ini diselesaikan dengan gabungan pendekatan Fuzzy AHP dan TOPSIS. Sebagai evaluasi dan analisa terhadap metode yang digunakan, dilakukan pengukuran kinerja dengan *precision*, *recall* dan *f-measure*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengambilan keputusan yang dipilih berhasil menyelesaikan permasalahan tarik ulur antara variabilitas dan kompleksitas proses bisnis pada pemilihan *semantic web service* melalui pengujian 153 permintaan dan memperoleh akurasi 88,2%, kepresisian 91,3%, sensitivitas 89,4%, dan *f-measure* 0,903. Penelitian ini telah berhasil menyediakan *web service* yang mampu mendukung jumlah variasi yang optimal dengan memperhatikan tingkat kompleksitas minimum yang ingin dicapai serta kualitas layanan (biaya, kapasitas, dan *latency*) yang terbaik dari penyedia layanan.

Kata kunci: Ontologi, SAWSDL, kompleksitas dan variabilitas proses bisnis, pengambilan keputusan multi-kriteria.

MULTI-CRITERIA DECISION MAKING FOR SELECTING SEMANTIC WEB SERVICE CONSIDERING VARIABILITY AND COMPLEXITY TRADE-OFF

Nama mahasiswa : Nanang Yudi Setiawan
NRP : 5112201015
Pembimbing : Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D

ABSTRACT

Software as a Service (SaaS) allows user to obtain web services according to its business process needs and priorities of its fulfillment. The business process models as well as the quality of services, offer to user as a consideration for choosing the best web service that meet user's preferences. Semantic web service approach should be a solution to facilitate the business process model and quality attributes to be placed into the description of the web service. It annotated the business process model and the quality attributes in an ontology formalization to the Semantic Annotations for Web Services Description Language (SAWSDL) publication delivered by the service provider. Quality of service is obtained from the level of variability and complexity of the chosen business process model, while the cost of service, the capacity of the request, and the time of latency is varied based on the provider's Service Level Agreement (SLA).

In this paper, semantic service selection is used by discovering semantic web services through their service registry. However, the variability and complexity in business process decomposition are contradictory, thus, constitute a trade-off. We interpreted it as the multi-criteria decision problem and proposed Fuzzy AHP+TOPSIS method to bring the best optimum solution that reflect the preferences of the decision maker. This approach proved to solve the multi-criteria decision problem for selecting the best semantic web service considering the trade-off among variability and complexity of business process. In our study, we had tested 153 service requests and gained an accuracy of 88.2%, a precision of 91.3%, and a recall or sensitivity of 89.4% that result the harmonic mean of precision and recall of 0.903. Our approach is success to deliver the most preferred number of business process variant with minimum complexity level in accordance with the acceptable service quality (service cost, capacity, and latency) delivered by service providers.

Keywords: Ontology, SAWSDL, business process, complexity and variability trade-off, multi-criteria decision making.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Pengambilan Keputusan Multi-Kriteria Untuk Pemilihan Layanan Web Semantik Dengan Mempertimbangkan Tarik Ulur Variabilitas Dan Kompleksitas Proses Bisnis”. Tesis ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister Komputer di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Melalui pengantar ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih karena dalam penyusunan tesis ini penulis telah mendapat bantuan dan dorongan baik secara moril maupun materiil dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Waskitho Wibisono, S.Kom, M.Eng, Ph. D, selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Bapak Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D, selaku pembimbing dan penasehat akademik yang telah dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis dalam pengerjaan tesis ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Keluarga penulis, Ayah, Ibu, Istri, Adik dan Kakak yang selalu memberikan dukungan mental dan spiritual selama penulis menyelesaikan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Rekan-rekan di Jalin Mayantara Indonesia, yang telah banyak memberikan dorongan moral serta pertimbangan teknis dalam pembangunan sistem untuk penelitian ini.
5. Teman-teman dosen di Universitas Brawijaya pada umumnya dan dosen Laboratorium Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya, yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian penelitian ini.
6. Teman-teman Pascasarjana Teknik Informatika ITS, yang telah membantu dan berbagi informasi dengan penulis.

Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis sangat menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan masih sangat mungkin untuk dikembangkan menjadi lebih baik, oleh karena itu penulis mengharapkan masukan dari semua pihak.

Malang, 13 Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2	7
KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Ontologi.....	7
2.1.1.Susunan Ontologi	7
2.1.2.Pencocokan Ontologi.....	8
2.2 <i>Web Service</i>	8
2.2.1 <i>Semantic Web Service</i>	9
2.2.2 SAWSDL	10
2.2.3 Registrasi <i>Web Service</i> dengan UDDI.....	11
2.3 Model Kualitas dari <i>Web Service</i>	12
2.4 Model Proses Bisnis	13
2.4.1 Metrik Kompleksitas Proses Bisnis	13
2.4.2 Variabilitas Proses Bisnis.....	15
2.4.3 Ontologi Proses Bisnis.....	16
2.5 <i>Analytic Hierachy Process (AHP)</i>	17
2.5.1 Fuzzy AHP	18
2.5.2 TOPSIS	20

BAB 5	65
KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	69
Lampiran	73

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Fungsional dalam Arsitektur <i>Web Service</i>	11
Gambar 2.2 Ontologi Proses Bisnis Berdasarkan Spesifikasi BPMN 2.0	17
Gambar 2.3 Hirarki dalam Metode AHP	17
Gambar 2.4 Fungsi Keanggotaan Bilangan <i>Fuzzy</i> Triangular	18
Gambar 2.5 Matrik <i>Confusion</i> dalam Analisa ROC	21
Gambar 2.6 Pemetaan Area dalam Kurva ROC (Flach, 2004)	22
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian dan Kontribusi Yang Diberikan.....	25
Gambar 3.2 Alur Penerimaan Peserta Didik Baru untuk Model A.....	27
Gambar 3.3 Alur Penerimaan Peserta Didik Baru untuk Model B	28
Gambar 3.4 Alur Penerimaan Peserta Didik Baru untuk Model C	29
Gambar 3.5 Alur pendaftaran model D.....	30
Gambar 3.6 Proses Bisnis Koleksi Data Pendaftar PPDB	30
Gambar 3.7 Proses Bisnis Prapendaftaran PPDB	31
Gambar 3.8 Proses Bisnis Pendaftaran PPDB	31
Gambar 3.9 Proses Bisnis Seleksi dan Publikasi PPDB	32
Gambar 3.10 Variasi Proses Bisnis pada Prapendaftaran PPDB	33
Gambar 3.11 Skema XML pada File Definisi Proses Prapendaftaran PPDB.....	35
Gambar 3.12 Diagram Relasi Entitas Untuk Repositori Proses Bisnis.....	35
Gambar 3.13 Model Proses Bisnis PPDB untuk Pendataan (Koleksi Data) Siswa	36
Gambar 3.14 Ontologi Proses Bisnis Prapendaftaran PPDB	37
Gambar 3.15 Anotasi <i>modelReference</i> pada Elemen Operasi dari <i>Web Service</i> ..	39
Gambar 3.16 Mekanisme Permintaan Publikasi <i>Web Service</i> dengan FUSION API	40
Gambar 3.17 Mekanisme Permintaan Pencarian <i>Web Service</i> dengan FUSION API	41
Gambar 3.18 Contoh Respon FUSION Terhadap Permintaan Pencarian <i>Web Service</i>	41

Gambar 3.19 Contoh Respon FUSION Terhadap Permintaan Detil <i>Web Service</i>	42
Gambar 3.20 Tahapan proses seleksi dalam pemilihan <i>semantic web service</i>	43
Gambar 3.21 Salah Satu Spesifikasi RFP Pada Proses Bisnis Pendataan Siswa ..	45
Gambar 4.1 Hasil validasi <i>WSDL Analyzer</i> pada Salah Satu <i>Semantic Web Service</i> Pendataan Siswa.	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kesamaan antara Perangkat Lunak dan Proses Bisnis (Vanderfeesten, et al., 2007)	13
Tabel 2.2 Metrik Kompleksitas Proses Bisnis (Muketha, et al., 2010).....	14
Tabel 2.3 Definisi dan Fungsi Keanggotaan Bilangan <i>Fuzzy</i> (Ayağ, 2005).....	19
Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Kompleksitas Bisnis Proses Pendataan Siswa.....	36
Tabel 3.2 Skala Nilai Linguistik dan Bilangan <i>Fuzzy</i>	46
Tabel 3.3 Matrik Perbandingan Berpasangan TFN dari Kriteria Layanan	47
Tabel 4.1 Jumlah Elemen Untuk Setiap Model Proses Bisnis PPDB	50
Tabel 4.2 Jumlah Elemen Untuk Setiap Model Proses Bisnis PPDB	51
Tabel 4.3 Tingkat Kompleksitas Setiap Model Proses Bisnis PPDB	52
Tabel 4.4 Hasil Validasi Ontologi PPDB dengan <i>Vowlidator</i>	53
Tabel 4.5 Nilai Kecocokan Ontologi Proses Bisnis Untuk Setiap Permintaan.....	55
Tabel 4.6 Nilai <i>Syntetic Extend</i> Untuk Setiap Kriteria Pada Parameter Fuzzy AHP	56
Tabel 4.7 Nilai Ideal Positif dan Nilai Ideal Negatif Setiap Kriteria Pemeringkatan	57
Tabel 4.8 Hasil Pemeringkatan <i>Semantic Web Service</i> Dengan Kecocokan Ontologi Diatas 90%	58
Tabel 4.9 Hasil Pemeringkatan <i>Semantic Web Service</i> Untuk Suatu Permintaan Proses Bisnis Pendataan Siswa Dari Pengguna.....	62
Tabel 4.10 Matriks Perbandingan Untuk Pengukuran Kinerja Sistem	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dengan semakin berkembangnya teknologi *web service* khususnya dalam penerapan teknologi *Service-Oriented Architecture* (SOA), memungkinkan untuk membangun suatu *web service* dengan mengkomposisi layanan-layanan dari penyedia yang berbeda. *Web service* memberikan kemudahan dalam interoperabilitas, *multi-platform*, dapat dibangun dari beragam bahasa pemrograman, menjadi mediator antar sumber data, dan kemudahan pertukaran data serta penggunaan kembali komponen aplikasi. Teknologi *web service* turut berkontribusi dalam perkembangan *Software as a Service* (SaaS) yang memungkinkan pengguna memperoleh layanan sesuai kebutuhannya melalui pengelolaan secara mandiri.

Dalam penerapannya, suatu *web service* dapat dideskripsikan sebagai antarmuka layanan yang mendefinisikan model logik dari layanan, serta mengaitkan layanan dengan mekanisme pemanggilan (*invocation*) dari *web service*. *Web Service Description Language* (WSDL) mendukung baik *service interface* maupun *service binding* (Juric, Loganathan and Sarang, 2007). WSDL menyediakan antarmuka berbasis XML yang digunakan untuk memanggil *web service* sesuai deskripsi yang tercantum didalamnya. Penyedia layanan bertanggungjawab mendaftarkan *web service* dalam *public registry*, yang memungkinkan pengguna menemukan *web service* sesuai kebutuhannya. Pengguna akan memperoleh URL yang menjadi lokasi dokumen WSDL, untuk kemudian memanggil *web service* dan mengeksekusi fungsi yang tersedia.

Suatu *workflow* atau proses bisnis, dapat dibangun dengan komposisi *web service*. Setiap *web service* bertanggungjawab untuk proses atau aktivitas tertentu dengan tujuan memenuhi serangkaian operasional proses bisnis yang dibutuhkan pengguna. *Tenant* atau pengguna layanan mendapatkan kemudahan kustomisasi dalam memperoleh paket layanan yang sesuai dengan kebutuhannya. Walau ada lebih dari satu *tenant* yang berkepentingan pada fungsionalitas proses bisnis yang

sama, namun dimungkinkan setiap *tenant* memiliki rangkaian aktivitas yang berbeda. Setiap *tenant* dapat memilih tingkat variabilitas dan kompleksitas yang berbeda untuk proses bisnis yang akan dijalaninya. Demikian pula kebutuhan *tenant* terhadap *Quality of Service* (QoS) dari *web service* yang terlibat di dalam proses bisnisnya. *Tenant* berhak menentukan prioritas yang berbeda dalam pemenuhan kualitas *web service*.

Dokumen WSDL tidak memuat informasi atribut QoS dari *web service* (Eleyan and Zhao, 2010). WSDL hanya mendeskripsikan bagaimana pengoperasian dari *web service*. WSDL tidak menyediakan spesifikasi tentang apa yang terjadi jika suatu *web service* digunakan, yang dapat ditemukan dengan membaca deskripsi bahasa natural yang tidak mudah diproses oleh perangkat lunak komputer (Martin et al., 2007a). Spesifikasi tersebut dapat diekspresikan dengan menerapkan anotasi semantik (bahasa ontologi) yang menunjukkan hubungan antar anggota entitas dan informasi dalam kelas-kelas yang berkaitan. Definisi tersebut memungkinkan suatu aplikasi untuk membuat inferensi pada hubungan antar obyek dalam *web service*.

Kerangka kerja *Semantic Annotations for WSDL and XML Schema* (SAWSDL) merupakan bentuk penerapan ontologi pada *semantic web service* yang diekspresikan dalam OWL. SAWSDL dapat membantu dalam mendeskripsikan *web service* yang memenuhi aspek *service discovery* (penelusuran), *service interoperation* (lintas operasi), dan *service composition* (komposisi) melalui anotasi informasi secara semantik. Penerapan SAWSDL bermula dari *Web Service Semantic* (WSDL-S) yang dirilis oleh *World Wide Web Consortium*(W3C). SAWSDL telah didukung oleh WSDL 2.0 yang memungkinkan pertukaran data yang lebih kompleks dibandingkan WSDL melalui *Message Exchange Pattern* (MEP).

Pembobotan pada atribut kualitas dapat merepresentasikan prioritas pemenuhan kebutuhan yang diharapkan dari penyedia layanan. Dalam skenario yang melibatkan *buyer* dan *seller* (dalam perannya sebagai *provider* dan *consumer*), algoritma *weighted tree similarity* dan *extended weighted tree similarity* dapat digunakan untuk menilai kedekatan antara penawaran oleh *seller* dan permintaan dari *buyer* (Setyawan and Sarno, 2005) (Sarno and et.al., 2011b). Penelitian oleh Hijriani (2013) mencakup penempatan bobot pada atribut ontologi SLA *web service*

ERP ke dalam OWL-S untuk kemudian diseleksi dan diperingkat menggunakan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Pada perkembangannya, SOA dapat menyediakan peningkatan proses bisnis melalui komposisi proses bisnis yang menyesuaikan kebutuhan pengguna (Sarno and et.al., 2011a). Kompleksitas dalam proses bisnis menunjukkan kemudahan dalam penggunaan dan pemahaman pada alur proses bisnis yang berjalan. Sedangkan variabilitas dalam proses bisnis menunjukkan kemudahan mengkomposisi aktivitas-aktivitas dalam proses bisnis yang mendukung adaptasi proses secara dinamis manakala dimunculkan kendala (Reichert and Weber, 2012).

Penelitian ini hendak menempatkan aspek utama kompleksitas dan variabilitas proses bisnis pada preferensi *tenant* dan menjadi bagian dari kebutuhan QoS. Jaminan kualitas dari penyedia layanan yang tertuang dalam SLA menjadi dasar pemilihan alternatif *web service* terbaik dari sejumlah *web service* yang ditawarkan. Studi kasus yang digunakan dalam penelitian adalah proses bisnis dari produk SaaS untuk Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) yang telah diselenggarakan di hampir 34 kabupaten/kota di Indonesia dalam rentang waktu kurang lebih 5 tahun terakhir. Model proses bisnis dan atribut QoS menjadi kebutuhan non fungsional dengan prioritas pemenuhannya berupa bobot nilai yang spesifik. Gabungan pendekatan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) dengan metode Fuzzy AHP dan TOPSIS diharapkan dapat merekomendasikan *web service* yang sesuai dengan prioritas pemenuhan kebutuhan *tenant* melalui proses seleksi yang ditelusuri secara semantik untuk memperoleh komposisi layanan PPDB yang lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mendefinisikan variabilitas dan kompleksitas proses bisnis beserta kebutuhan atribut kualitas *web service* lainnya dalam preferensi pengguna dengan deskripsi *web service* dari penyedia.
2. Bagaimana menyusun ontologi model proses bisnis, menganotasikannya secara semantik pada antarmuka WSDL, serta mekanisme publikasinya ke repositori oleh penyedia.

3. Bagaimana menyusun mekanisme penelusuran pada repositori *semantic web service* berdasarkan model proses bisnis dan kualitas layanan yang diminta oleh pengguna.
4. Bagaimana melakukan seleksi *semantic web service* melalui metode pengambilan keputusan multi-kriteria dengan *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *TOPSIS*.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengembangkan perangkat lunak yang mampu membentuk ontologi dari model proses bisnis yang telah digambarkan dengan *Business Process Model and Notation* (BPMN).
2. Menyusun SAWSDL untuk setiap *web service* dengan menganalisis secara semantik model proses bisnis berikut parameter masukan dan luarannya.
3. Menyediakan perangkat lunak untuk publikasi SAWSDL serta mekanisme penelusuran atau pencarian *semantic web service* dari repositori yang telah memuat sejumlah hasil publikasi SAWSDL.
4. Menetapkan tingkat kepentingan antara variabilitas dan kompleksitas proses bisnis sebagai tarik ulur dalam prioritas pemenuhannya diantara atribut kualitas layanan yang lain.
5. Menyusun metode pemilihan *semantic web service* dengan melakukan pemeringkatan terhadap setiap kandidat menggunakan algoritma Fuzzy AHP dan TOPSIS.
6. Membuktikan bahwa metode yang digunakan untuk pemilihan *semantic web service* yang mempertimbangkan tarik ulur antara variabilitas dan kompleksitas proses bisnis, dapat menunjukkan kinerja yang baik dan tepat.

Terdapat beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian ini. Pertama, kustomisasi kebutuhan atas kualitas layanan dan model proses bisnis melalui penetapan prioritas kepentingan dari setiap atribut preferensi *tenant*. Diharapkan pengguna akan memperoleh komposisi *web service* dengan SLA yang paling sesuai dengan kebutuhannya. Kedua, penyedia layanan memiliki informasi dalam rangka peningkatan kualitas layanan yang lebih baik berdasarkan hasil pengamatan pada

kebutuhan pengguna. Ketiga, penelitian ini dapat menjadi arahan bagi kelanjutan penelitian yang lain berkaitan dengan kerangka kerja dan tata kelola *SLA* khususnya pada penerapan SaaS.

Kontribusi pada penelitian ini adalah menempatkan variabilitas dan kompleksitas proses bisnis sebagai tarik ulur dalam prioritas pemilihan *web service* secara semantik diantara atribut kualitas layanan lainnya dalam preferensi pengguna, serta menerapkan metode *Fuzzy AHP* dan *TOPSIS* pada proses pengambilan keputusan multi-krteria dengan pemeringkatan *web service* dari repositori yang menjadi hasil publikasi oleh penyedia.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Ontologi

Gruber (1993) mendefenisikan ontologi sebagai “*An ontology is an explicit specification of a conceptualization*”. Ontologi digambarkan sebagai suatu kesatuan konseptualisasi dan kesatuan deskripsi yang sistematis. Ontologi digunakan untuk mengekspresikan keahlian eksplisit dan formal melalui struktur-struktur konseptual (Chi, 2009). Ontologi menyediakan kamus berbagi, yang dapat digunakan untuk memodelkan suatu domain, yang dengannya, tipe dari obyek dan/atau konsep tersedia, berikut relasi dan propertinya.

2.1.1. Susunan Ontologi

Susunan ontologi merupakan pendekatan pengetahuan yang intensif, dan dapat diperlakukan sebagai salah satu bentuk perekayasaan pengetahuan, melibatkan beberapa akuisisi, pemodelan, dan representasi proses pengetahuan yang berturut-turut. Riset terbaru pada pengembangan sistem berbasis pengetahuan menunjukkan adanya peningkatan penerapan teknologi melalui ontologi. Tugas utama dalam penyusunan ontologi adalah menterjemahkan kegiatan yang berorientasi pada tujuan atau pemecahan masalah menjadi pengetahuan sistematis untuk menyelesaikan permasalahan.

Ontologi mencakup konsep (*concept*), relasi (*relationship*), dan *instances* yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Concept* atau *Class*: sekumpulan konsep yang menunjukkan topik atau karakter dalam ontologi domain.
2. *Relationship* atau *Attribute*: relasi antar konsep pada saat mempertimbangkan konsep tertentu.
3. *Instance*: sekumpulan konsep dan relasi yang memiliki pengetahuan khusus, semisal laman web, dokumen, dan sebagainya.

Ontologi dapat direpresentasikan dengan OWL yang mengandung kelas, properti dan individu, oleh karenanya sesuai dengan konsep, aturan dan fakta dalam

ontologi. Adapun salah satu manfaat utama menggunakan ontologi adalah karena ontologi berbasis XML, yang memungkinkannya untuk berbagi pengetahuan dan penggunaan kembali antar aplikasi yang berbeda.

2.1.2. Pencocokan Ontologi

Pencocokan ontologi merupakan salah satu solusi untuk menyelesaikan permasalahan keberagaman dalam penanganan informasi semantik. Langkah yang dilakukan adalah dengan membandingkan dua ontologi untuk menghasilkan suatu derajat keselarasan terhadap nilai acuannya (Euzenat et al., 2011). Pencocokan antara entitas-entitas ontologi yang terkait secara semantik ini, dapat digunakan untuk penggabungan ontologi, menjawab permintaan, maupun penerjemahan data. Pencocokan ontologi dapat mengungkap pengetahuan sekaligus data yang dapat diekstraksi dari kedua ontologi untuk dapat saling beroperasi. Hasil pencocokan direpresentasikan sebagai nilai keyakinan (*confidence*) dengan nilai antara 0..1.

Dengan berbagai algoritma pencocokan yang dapat diterapkan dalam menghitung nilai keselarasan antara dua ontologi, format keselarasan menjadi jembatan antar sistem untuk saling beroperasi. Format keselarasan merupakan metadata yang menunjukkan keselarasan dan fitur diantara kedua ontologi yang sedang dibandingkan. Format tersebut mencakup entitas, keterhubungan, tingkat karakteristik, dan tingkat penilaian keyakinan keselarasan antara kedua ontologi.

2.2 Web Service

Definisi *web service* menurut *World Wide Web Consortium (W3C)* adalah sistem perangkat lunak yang didesain untuk mendukung interoperasi antara mesin ke mesin melalui suatu jaringan. *Web service* memiliki antarmuka dalam format *Web Service Description Language (WSDL)* dan sistem yang lain berinteraksi dengan *web service* melalui cara yang dijelaskannya dalam pesan SOAP yang dilewatkan pada protokol HTTP dengan serialisasi XML dan baku teknologi web lainnya. *Web service* ini memiliki dua komponen yang harus tersedia, yaitu

1. Protokol komunikasi (umumnya menggunakan HTTP).
2. Format standar pesan dalam format XML.

WSDL memiliki keterbatasan hanya mampu menentukan operasi-operasi yang tersedia dari suatu *web service* serta struktur data yang dapat dikirim atau diterima. WSDL tidak dapat mengenali makna semantik dari data atau menentukan keterbatasan dari data yang dapat ditangani oleh *web service*. Pada perkembangannya, informasi yang tersedia dalam WSDL didefinisikan dengan ontologi yang memungkinkan *web service* dapat dikenali secara semantik untuk meningkatkan interoperabilitas dan integritas antar sistem.

2.2.1 *Semantic Web Service*

Semantic web service memungkinkan bentuk koordinasi *web service* yang dapat diotomasi, bersifat interoperasi, dan memiliki makna. Dengan komposisi *semantic web service*, mesin dapat secara otomatis memilih, mengintegrasikan dan menyertakan (*invoke*) *web service* diluar makna sintaksisnya dalam rangka memenuhi permintaan dan batasan yang ditetapkan tanpa adanya interaksi langsung dengan pengguna. Keunggulan otomasi yang didapat dengan penerapan *markup* semantik pada *web service*, berguna untuk kebutuhan penelusuran, eksekusi, komposisi, dan saling beroperasi satu dengan yang lain (McIlraith, Son and Zeng, 2001).

Terdapat dua pendekatan utama yang dapat dilakukan untuk menyusun anotasi atau deskripsi semantik pada suatu *web service*, yaitu dengan pendekatan *top-down* dan *bottom-up*. Metode *top-down* merujuk pada pengembangan *semantic web service* yang didasarkan pada pendefinisian ontologi dari domain permasalahan di tingkat atas yang menyediakan kerangka kerja dalam menggambarkan ragam operasi maupun masukan dan luaran data *web service*. Sedangkan metode *bottom-up* mengadopsi pendekatan inkremental dalam menempatkan anotasi atau deskripsi semantik pada standar *web service* yang telah ada melalui ekstensi khusus yang menghubungkan definisi sintaksis dengan anotasi semantiknya.

Contoh pengembangan *semantic web service* dengan metode *top-down* adalah menggunakan *Web Service Modeling Ontology* (WSMO) (Roman et al., 2006) dan *OWL-S* (Martin et al., 2004). *OWL-S* adalah pengembangan lebih lanjut dari *DARPA agent markup language for services* (DAML-S). Pengembangan metode *bottom-up* pada *semantic web service*, dapat diamati pada WSDL-S

(Akkiraju et al., 2005) dan SAWSDL (Farrell and Lausen, 2007). SAWSDL memiliki keunggulan dalam interoperabilitas dengan metode *semantic web service* yang lain seperti OWL-S dan WSMO, dan dapat diterapkan baik pada antarmuka WSDL 1.0 maupun WSDL 2.0. Dengan kompleksitas pengembangan yang lebih rendah, SAWSDL dapat menjadi metode terbaik dalam membangun mekanisme publikasi dan penelusuran *semantic web service* dengan lebih efisien.

2.2.2 SAWSDL

SAWSDL dicetuskan dan dikembangkan oleh W3C Working Group yang selanjutnya direkomendasikan oleh W3C pada Agustus 2007. SAWSDL dirancang sebagai suatu mekanisme deskripsi *web service* dimana penunjuk semantik dapat ditambahkan pada elemen sintaksis dari komponen WSDL. SAWSDL didasarkan pada pengembangan WSDL-S dengan generalisasi di beberapa bagian anotasi untuk membuatnya lebih ringan (dibandingkan OWL-S dan WSMO) dan mampu menggunakan pendekatan inkremental dalam menganotasi antarmuka WSDL. Dengan karakteristik ini, SAWSDL telah dapat terhubung ke berbagai ontologi yang didefinisikan dalam bahasa yang berbeda seperti RDF(S) dan WSML.

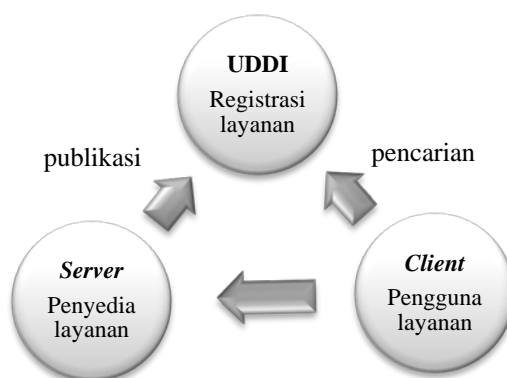
Spesifikasi SAWSDL mampu menganotasikan deskripsi *web service* yang direpresentasikan dalam bahasa ontologi pada kerangka kerja WSDL yang sebelumnya sudah tersedia. Anotasi semantik pada WSDL tersebut tidak hanya bertujuan untuk menemukan metadata *web service* dari repositori, namun juga mekanisme untuk menggunakan *web service* tersebut. SAWSDL mendefinisikan tiga atribut anotasi semantik yang dapat disisipkan pada elemen WSDL, yaitu:

- Atribut *modelReference*, untuk menentukan hubungan antara komponen WSDL dan sebuah konsep dalam suatu model semantik. Atribut *modelReference* dapat digunakan untuk anotasi semantik pada komponen *interface*, *operation*, bahkan *fault*. Atribut tersebut juga dapat digunakan untuk mendefinisikan tipe data kompleks dari skema XML, tipe data dasar, deklarasi elemen serta deklarasi atribut. Setiap atribut *modelReference* menjelaskan konsep dari model ontologi yang berasosiasi dengan elemen dan, atau komponen dari WSDL.

- Atribut *liftingSchemaMapping*, untuk menentukan pemetaan antara definisi tipe data WSDL dalam format XML dengan data semantiknya.
- Atribut *loweringSchemaMapping*, untuk menentukan pemetaan antara data semantik terhadap definisi tipe WSDL dalam XML.

2.2.3 Registrasi Web Service dengan UDDI

Web service dapat diregistrasikan dalam suatu kerangka kerja sistem untuk meningkatkan interoperabilitas dan integritasnya. *Universal Description, Discovery, and Integration* atau disingkat dengan UDDI (Clement, 2004), adalah kerangka kerja yang berfungsi sebagai katalog *web service* yang independen dan berbasis XML yang memungkinkan *web service* dapat ditemukan dengan lebih global. Melalui UDDI, pelaku bisnis dapat memperoleh daftar *web service* yang dibutuhkan berikut lokasi dimana *web service* tersebut dapat tersedia untuk diakses. Gambar 2.1 menunjukkan peran serta UDDI dalam arsitektur dasar *web service*.



Gambar 2.1 Model Fungsional dalam Arsitektur *Web Service*

Penyedia layanan menerbitkan deskripsi *web service*-nya dalam dokumen WSDL menggunakan *Application Programming Interface* (API) yang telah disediakan oleh sistem UDDI. Pengguna layanan menggunakan UDDI untuk melakukan penelusuran bagi spesifikasi *web service* yang dibutuhkan, mengakses deskripsi tersebut dari UDDI untuk mendapatkan mekanisme akses *web service* dari penyedia layanan. Selanjutnya pengguna dapat meminta penyediaan *web service* tersebut dari penyedia dengan mengirim pesan SOAP.

2.3 Model Kualitas dari Web Service

Model kualitas perangkat lunak yang didefinisikan oleh ISO9126 mengklasifikasikan karakteristik dan subkarakteristik dari perangkat lunak sebagai berikut:

1. *Functionality* : *suitability, accuracy, interoperability, compliance, security*
2. *Reliability*: *maturity, recoverability, fault tolerance*
3. *Usability*: *learnability, understandability, operability*
4. *Efficiency*: *time behaviour, resource behaviour*
5. *Maintainability*: *stability, analyzability, changeability, testability*
6. *Portability* : *installability, replaceability, adaptability, conformance.*

Sedangkan OASIS Open Group mendefinisikan *Web Service Quality Model* (WSQM) yang terdiri atas

1. *quality factors*: merupakan bagian utama yang digunakan untuk mengelola kualitas dari *web service*,
2. *quality associates*: menunjukkan peran orang atau organisasi yang terlibat dalam kegiatan-kegiatan pengelolaan kualitas *web service*, dan
3. *quality activities*: aktifitas kualitas selama siklus hidup *web service*.

Dalam model kualitas web service yang dirilis OASIS (2005), terdapat peran *QoS Broker* dalam *quality associates* untuk menjembatani kebutuhan kualitas *web service* dengan informasi kualitas yang ditawarkan oleh penyedia *web service* berupa kontrak layanan. Melalui *QoS broker*, pengguna mencari penyedia *web service* yang dapat memenuhi kebutuhan fungsional maupun non-fungsional (kualitas) dari *web service* yang diinginkan.

QoS sebagaimana didefinisikan pada ISO8402 merupakan fitur keseluruhan dan karakteristik pada produk atau jasa berdasarkan kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan yang dinyatakan atau tersirat. QoS mendeskripsikan kemampuan produk atau layanan untuk memenuhi permintaan konsumen (Baocai et al., 2010). *Service level agreement* (SLA) menjadi kontrak bersama antara *service provider* dan *service consumer* yang menjamin konsumen memperoleh kualitas layanan sesuai dengan biaya yang disepakati. Dalam SLA tercantum informasi fungsional maupun non fungsional dari sebuah layanan, termasuk unjuk kerja layanan yang dijanjikan, berupa atribut QoS.

2.4 Model Proses Bisnis

Pemodelan proses bisnis memuat sekumpulan model aktivitas dan batasan-batasan dalam mengeksekusi serangkaian proses bisnis. Setiap model proses bisnis merupakan cetak biru dari suatu operasional bisnis dengan setiap model aktivitas merepresentasikan serangkaian aktivitas bisnis (Weske, 2007). Seperti halnya dalam rekayasa perangkat lunak, kebutuhan fungsional suatu proses bisnis dapat ditunjukkan dengan terpenuhinya atribut masukan, luaran dan tugas-tugas yang dijalankan. Sedangkan kebutuhan non-fungsional proses bisnis merujuk pada atribut-atribut kualitas perangkat lunak mengingat banyaknya kesamaan antara perangkat lunak dan proses bisnis, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kesamaan antara Perangkat Lunak dan Proses Bisnis (**Vanderfeesten et al., 2007**)

<i>Software program</i>	<i>Business process</i>
<i>Module/Class</i>	<i>Activity</i>
<i>Method/Function</i>	<i>Operation</i>
<i>Variable/Constant</i>	<i>Data element</i>

Pada perangkat lunak, aspek kompleksitas dan ukuran merupakan prinsip desain yang dapat menjadi ukuran/metrik yang baik dalam menilai kualitas desain perangkat lunak (Troy, 1981). Dengan demikian untuk mengukur kualitas desain model proses bisnis, dapat dilakukan melalui kompleksitas dan ukuran dari model proses bisnis. Disamping itu, untuk menghindari redudansi dan meningkatkan langkah otomasi pada pemodelan dan perawatan proses bisnis maka perlu diperhatikan aspek keanekaragaman (*variability*) proses bisnis (La Rosa et al., 2013). Hal ini dapat dilakukan dengan menyediakan varian dari fragmen proses bisnis yang memiliki kebergunaan yang tinggi pada model proses bisnis yang lain.

2.4.1 Metrik Kompleksitas Proses Bisnis

Suatu proses bisnis tumbuh secara dinamis seiring dengan penambahan aktivitas baru atau penyesuaian pada aktivitas yang ada sebagai konsekuensi pemenuhan kebutuhan pengguna atas proses bisnis tersebut. Proses bisnis dapat semakin besar dan kompleks untuk bisa menangani lebih banyak kondisi atau

permasalahan dengan melibatkan lebih banyak aktivitas (Cardoso, 2008a). Metrik kompleksitas perangkat lunak kerap kali diadopsi untuk mengukur kompleksitas proses bisnis, namun dengan memperhatikan kegunaan dan signifikansi antara keduanya (Gruhn and Laue, 2006).

Metrik kompleksitas proses bisnis yang diusulkan beberapa peneliti, masih sedikit yang telah divalidasi baik secara teoritis maupun empiris (Muketha et al., 2010). Validasi ini diperlukan untuk membuktikan bahwa metode pengukuran menghasilkan data valid yang menggambarkan kondisi atau informasi yang sebenarnya. Tabel 2.2 menunjukkan metrik kompleksitas proses bisnis yang telah divalidasi secara teoritis maupun empiris serta signifikan untuk diterapkan.

Tabel 2.2 Metrik Kompleksitas Proses Bisnis (Muketha et al., 2010)

Metrik	Peneliti	Validasi	Signifikan
<i>Control-Flow Complexity</i> (CFC)	Cardoso (2008)	Teoritis dan Empiris	Ya
<i>Extended Cardoso Metric</i> (ECaM)	Lassen dan van der Aalst (2009)	Empiris	Ya
<i>Extended Cyclomatic Metric</i> (ECyM)		Empiris	Ya
<i>Structuredness Metric</i> (SM)		Empiris	Ya
<i>Cross-Connectivity</i> (CC)	Vanderfeesten et al. (2008)	Empiris	Ya (<i>error prediction</i>)
<i>Size</i> ($S_N(G)$)	Mendling dan Neumann (2007)	Empiris	Ya
<i>Separability</i> ($\Pi(G)$)		Empiris	Ya
<i>Sequentiality</i> ($\Xi(G)$)		Empiris	Tidak
<i>Structuredness</i> (Φ_N)		Empiris	Ya
<i>Cyclicity</i> (CYC_N)		Empiris	Tidak
<i>Parallelism</i> ($TS(G)$)		Empiris	Tidak

Dalam model proses bisnis, notasi *gateway* merepresentasikan aliran kendali proses, dimana kompleksitasnya berkaitan erat dengan tipe kendali alirannya (*OR*, *XOR*, atau *AND*) serta perilaku kendalinya (*Split* atau *Join*). Aspek lain yang penting dipertimbangkan adalah jumlah aliran masuk dan keluar *node*, ketidaksesuaian antara perilaku *Split* dan *Join*, dan jumlah titik keputusan dari setiap tipe kendali proses dalam suatu model proses bisnis. Lebih lanjut, melalui kompleksitas *gateway* dapat dijadikan indikator kualitas dalam menilai model-

model proses bisnis berdasarkan tingkat kompleksitas dari kondisi-kondisi yang mungkin terjadi (Sanchez-Gonzalez et al., 2012). Dalam penelitiannya, Sanchez-Gonzalez turut menegaskan kontribusi perhitungan *Control-Flow Complexity* (CFC) dalam menentukan nilai *Gateway Complexity Indicator* (GCI). Penelitiannya menyimpulkan metode CFC memiliki tingkat kepentingan relatif yang sebanding dengan metode pengukuran lainnya sebagai indikator kualitas model proses bisnis berdasarkan kompleksitas aliran kendali yang digunakan. Persamaan 2.1 menunjukkan fungsi kompleksitas aliran kendali yang didefinisikan oleh Cardoso (Cardoso, 2008a).

$$\begin{aligned}
CFC(P) = & \sum_{i \in [OR-splits\ of\ P]} CFC_{OR-split}(i) \\
& + \sum_{j \in [XOR-splits\ of\ P]} CFC_{XOR-split}(j) \\
& + \sum_{k \in [AND-splits\ of\ P]} CFC_{AND-split}(k)
\end{aligned} \tag{2.1}$$

Dengan:

$$CFC_{OR-split}(i) = 2^{fan-out(i)} - 1$$

$$CFC_{XOR-split}(j) = fan-out(j)$$

$$CFC_{AND-split}(k) = 1$$

2.4.2 Variabilitas Proses Bisnis

Variability (keberagaman) dalam proses bisnis dapat dikorelasikan dengan manajemen proses yang bervariasi. Hubungan tersebut dapat ditemukan pada tiga tahap dalam siklus hidup pemodelan *customizable process* yaitu: saat desain (*design-time*), saat kastemisasi (*customization-time*), dan saat eksekusi (*run-time*). Dari siklus hidup ini, fleksibilitas dan keberagaman proses bisnis berkaitan dengan waktu yang terjadi saat suatu proses bisnis ditetapkan. Fleksibilitas berhubungan dengan penetapan proses bisnis saat *run-time*, sedangkan keberagaman pada saat *design-time* and *customization-time* (La Rosa et al., 2013).

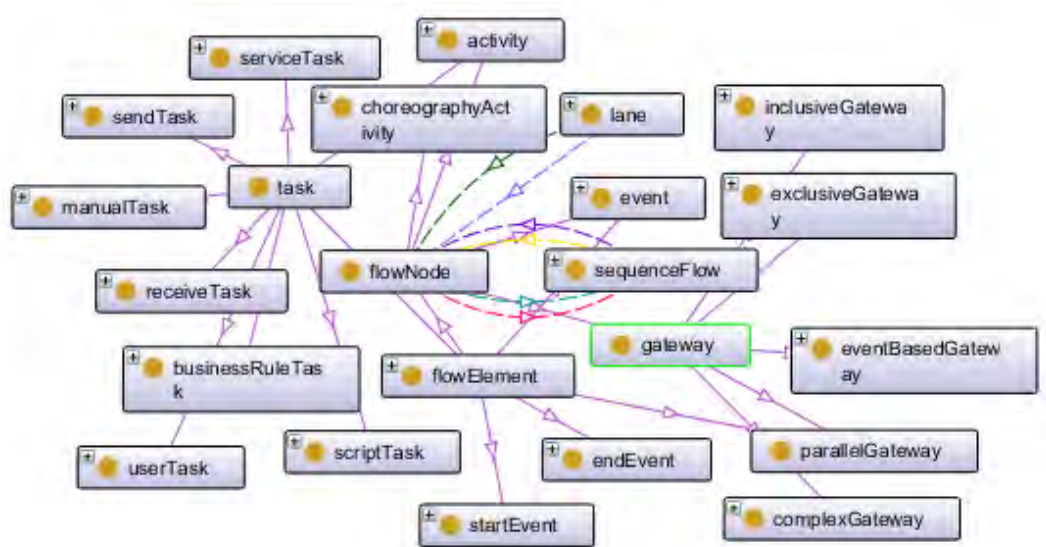
Fleksibilitas dalam proses bisnis memuat empat tipe, yaitu: *flexibility by design* yang menyediakan alternatif eksekusi dalam suatu definisi proses, *flexibility by deviation* yang menyediakan kemampuan untuk keluar dari eksekusi proses yang ditetapkan tanpa mengubah modelnya, *flexibility by underspecification* yang menyediakan kemampuan untuk mengeksekusi proses yang tidak lengkap, dan

flexibility by change yang menyediakan kemampuan untuk mengubah model proses sehingga proses yang sedang dan akan berjalan dapat mengikuti model proses yang baru. Sedangkan keberagaman proses bisnis memiliki dua bentuk, yaitu: *variability by restriction* yang membatasi kustomisasi model melalui perilaku yang berhubungan dengan semua ragam proses bisnis, dan *variability by extension* yang berhubungan dengan perilaku proses bisnis yang paling umum atau perilaku proses bisnis yang dibagipakaikan dengan semua ragam proses bisnis.

2.4.3 Ontologi Proses Bisnis

Ontologi proses bisnis merupakan suatu formalisasi dari spesifikasi proses bisnis secara ontologi. Untuk spesifikasi berdasarkan BPMN, dikenal dengan *BPMN Ontology*, dapat mencakup formalisasi semua elemen, atribut, dan properti dari BPMN kedalam OWL-DL (*Description Logics fragment of OWL*) (Rosponcher, Ghidini and Serafini, 2014). Kelas dan properti yang didefinisikan dalam ontologi BPMN dapat merepresentasikan model proses BPMN sebagai suatu kumpulan aktivitas. Dengan ontologi BPMN, fungsi penalaran berbasis ontologi dapat dilakukan seperti pengujian konsistensi model proses bisnis maupun merespon permintaan untuk mencari kesesuaian model proses dengan spesifikasi BPMN. Namun ontologi BPMN tidak dirancang untuk memodelkan perilaku dinamis atau semantik dari model proses bisnis, hanya menyediakan formalisasi BPMN secara ontologi sebagai bahasa grafis.

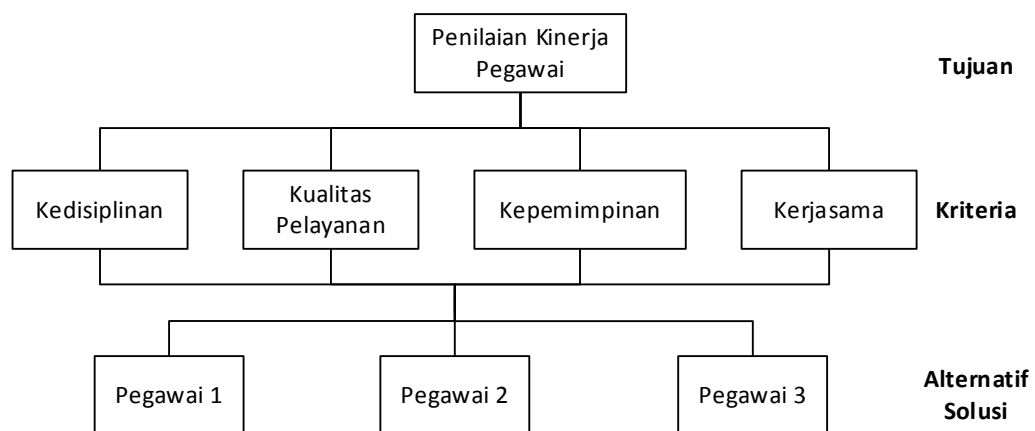
Natschläger(2011) telah mengembangkan formalisasi ontologi model proses bisnis untuk spesifikasi BPMN 2.0. Ontologi proses bisnis yang dihasilkan, didasarkan pada metamodel elemen BPMN 2.0 yang telah tersedia dalam definisi formal lainnya yaitu *UML class diagram* maupun *XML schema*. BPMN 2.0 Ontology memuat dua sub-ontologi, yaitu *bpmn20base* dan *bpmn20* (Natschlager, 2011). Sub-ontologi *bpmn20base* hanya mencakup spesifikasi metamodel BPMN termasuk semua *class diagram*, dan tabel-tabel yang merelasikan atribut dan modelnya dalam skema XML. Sedangkan *bpmn20*, merupakan turunan dari *bpmn20base* dengan tambahan kebutuhan sintaksis yang diambil dari penerjemahan alami spesifikasi BPMN. Gambar 2.2 menunjukkan visualisasi ontologi dari elemen-elemen dalam spesifikasi BPMN 2.0.



Gambar 2.42 Ontologi Proses Bisnis Berdasarkan Spesifikasi BPMN 2.0

2.5 Analytic Hierachy Process (AHP)

AHP umum digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam *Multi Criteria Decision Making*. AHP merupakan salah satu metode pada penerapan sistem pembuat keputusan dengan pemodelan matematis. AHP mendukung penetapan pilihan dan prioritas dari beberapa kriteria melalui analisa perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria. AHP juga banyak digunakan pada keputusan untuk banyak kriteria, perencanaan, alokasi sumberdaya dan penentuan prioritas dari strategi-strategi yang dimiliki pemain dalam situasi konflik (Saaty, 2008).



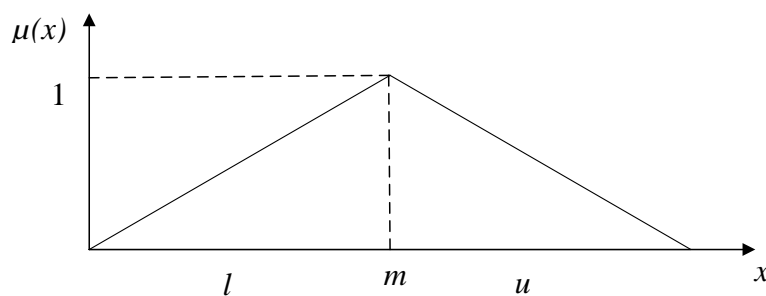
Gambar 2.53 Hirarki dalam Metode AHP

Gambar 2.3 memperlihatkan contoh tahapan yang dilakukan pada pengambilan keputusan dengan metode AHP. Pada tahap pertama, pengambil keputusan memodelkan permasalahan dalam struktur hirarki yang memperlihatkan keterkaitan antara 3 bagian, yaitu: tujuan utama, kriteria dan sub kriteria dan alternatif solusinya. Pada tahap kedua, mendefinisikan bobot dari kriteria, sub-kriteria, dan alternatif solusi untuk menunjukkan derajat kepentingan masing-masing pada tingkatan yang lebih tinggi. Kemudian dilakukan perbandingan berpasangan untuk mendapatkan bobot dan peringkat masing-masing elemen di setiap tingkatan (menilai prioritas lokal). Pada tahap akhir, AHP mengkalkulasi semua prioritas lokal dari tabel keputusan (*judgement matrix*) melalui penjumlahan berbobot. Selanjutnya diperoleh prioritas global yang digunakan sebagai pemeringkatan terakhir pada alternatif dan pemilihan yang terbaik.

2.5.1 Fuzzy AHP

Dalam metode AHP, atribut-atribut yang tersedia dalam beberapa pilihan keputusan sering sulit diformalkan sehingga nilai pasti pada atribut tersebut digantikan dengan *frase*. Logika dan nilai *fuzzy* dapat menjadi solusi bagaimana menotasikan preferensi nilai pasti menjadi *frase* seperti “sama penting” atau “mutlak lebih penting daripada” (Marimin et al., 2013).

Tingkat derajat keanggotaan dalam teori *fuzzy* merupakan unsur yang penting untuk menunjukkan nilai keanggotaan suatu himpunan. Gambar 2.4 menunjukkan fungsi keanggotaan dari *triangular fuzzy*.



Gambar 2.54 Fungsi Keanggotaan Bilangan Fuzzy Segitiga (*Triangular*)

Persamaan 2.2 menunjukkan persamaan dalam fungsi keanggotaan *fuzzy* segitiga.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} x - l / m - l, & l \leq x \leq m \\ u - x / u - m, & m \leq x \leq u \\ 0, & x < 0 \text{ atau } x > u \end{cases} \quad (2.2)$$

Dengan menambahkan tingkat kepercayaan α , bilangan *fuzzy* segitiga memenuhi Persamaan 2.3 (Marimin et al., 2013).

$$\forall \alpha \in [0,1] \tilde{M}_{\alpha} = l^{\alpha}, u^{\alpha} = [(m - l)\alpha + l, -(u - m)\alpha + u] \quad (2.3)$$

Selanjutnya, operasi-operasi matematis yang melibatkan bilangan *fuzzy* segitiga positif ditunjukkan pada Persamaan 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, dan 2.9 (Kaufmann and Gupta, 1991).

$$\forall m_L, m_R, n_L, n_R \in R^+, \tilde{M}_{\alpha} = [m_L^{\alpha}, m_R^{\alpha}] \quad (2.4)$$

$$\tilde{N}_{\alpha} = [n_L^{\alpha}, n_R^{\alpha}], \alpha \in [0,1] \quad (2.5)$$

$$\tilde{M} \oplus \tilde{N} = [m_L^{\alpha} + n_L^{\alpha}, m_R^{\alpha} + n_R^{\alpha}] \quad (2.6)$$

$$\tilde{M} \ominus \tilde{N} = [m_L^{\alpha} - n_L^{\alpha}, m_R^{\alpha} - n_R^{\alpha}] \quad (2.7)$$

$$\tilde{M} \otimes \tilde{N} = [m_L^{\alpha} n_L^{\alpha}, m_R^{\alpha} n_R^{\alpha}] \quad (2.8)$$

$$\tilde{M} / \tilde{N} = [m_L^{\alpha} / n_L^{\alpha}, m_R^{\alpha} / n_R^{\alpha}] \quad (2.9)$$

Sebagai pengembangan skala 9 pada AHP, bilangan *fuzzy* segitiga memungkinkan penilaian kualitatif pakar sebagai nilai linguistik dari semua atribut dan alternatif seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Definisi dan Fungsi Keanggotaan Bilangan *Fuzzy* (Ayağ, 2005)

Tingkat Kepentingan	Bilangan Fuzzy	Definisi	Fungsi Keanggotaan
1	$\tilde{1}$	Sama penting	(1,1,2)
3	$\tilde{3}$	Sedikit lebih penting	(2,3,4)
5	$\tilde{5}$	Lebih penting	(4,5,6)
7	$\tilde{7}$	Sangat lebih penting	(6,7,8)
9	$\tilde{9}$	Mutlak lebih penting	(8,9,10)

2.5.2 TOPSIS

Fuzzy TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation*) merupakan salah satu teknik dalam metode pengambilan keputusan yang dapat juga membantu dalam melakukan evaluasi secara obyektif dan sistematis pada alternatif keputusan multi-kriteria. Prosedur dalam metode *Fuzzy TOPSIS* dapat dijelaskan sebagai berikut (Sun, 2010):

Langkah 1 : Menetapkan bobot pada kriteria yang dievaluasi.

Langkah 2 : Membangun matrik keputusan *fuzzy* dan memilih variabel linguistik yang sesuai dengan fungsi keanggotaan yang dipilih.

Langkah 3 : Melakukan normalisasi pada matrik keputusan *fuzzy*.

Langkah 4 : Menentukan nilai *Positive-Ideal Solution* (PIS) dan *Negative-Ideal Solution* (NIS) .

Langkah 5 : Menghitung jarak setiap alternatif dari PIS dan NIS.

Langkah 6 : Menetapkan tingkat kedekatan relatif (nilai koefisien kedekatan) dari setiap kriteria.

2.6 Metode Pengukuran Akurasi

Metode pengukuran yang digunakan dalam menentukan akurasi dari sistem yang dibangun, antara lain:

1. *Precision*

Menurut (Baeza-Yates and Ribeiro-Neto, 1999) *Precision* adalah nilai dari dokumen diterima yang relevan, seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.9.

$$Precision = \frac{\text{Jumlah dokumen relevan yang diterima}}{\text{Jumlah dokumen yang diterima}} \quad (2.9)$$

2. *Recall*

Menurut (Baeza-Yates and Ribeiro-Neto, 1999) *Recall* adalah nilai dari dokumen relevan yang diterima, seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.10.

$$Recall = \frac{\text{Jumlah dokumen relevan yang diterima}}{\text{Jumlah dokumen yang relevan}} \quad (2.10)$$

3. *F-Measure*

F-Measure merupakan model pengukuran tunggal untuk memperoleh nilai gabungan dari *Precision* dan *Recall* (Baeza-Yates and Ribeiro-Neto, 1999), seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan 2.11.

$$F - Measure = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (2.11)$$

4. Receiver Operating Characteristic(ROC)

Teknik evaluasi sistem dengan *Receiver Operation Characteristic* dapat digunakan untuk menggambarkan, mengorganisasi, dan memilih metode klasifikasi *binary* berdasarkan kinerja yang dihasilkan (Fawcett, 2006). Analisa ROC dilakukan dengan menggunakan kurva ROC yang memetakan laju *True Positive* pada sumbu Y, dan laju *False Positive* pada sumbu X. Jika keberadaannya dapat diterima dan hasil klasifikasinya relevan, maka dihitung sebagai *True Positive*. Jika hasil klasifikasinya tidak relevan dinyatakan sebagai *False Negative*. Jika keberadaannya tidak dapat diterima dan hasil klasifikasinya juga tidak relevan, maka dinyatakan sebagai *True Negative*. Namun bila hasil klasifikasinya relevan, maka dinyatakan sebagai *False Positive*. Himpunan antara hasil klasifikasi dan keberadaan data yang sebenarnya, membentuk matrik *confusion* atau disebut pula table *contingency* seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.5.

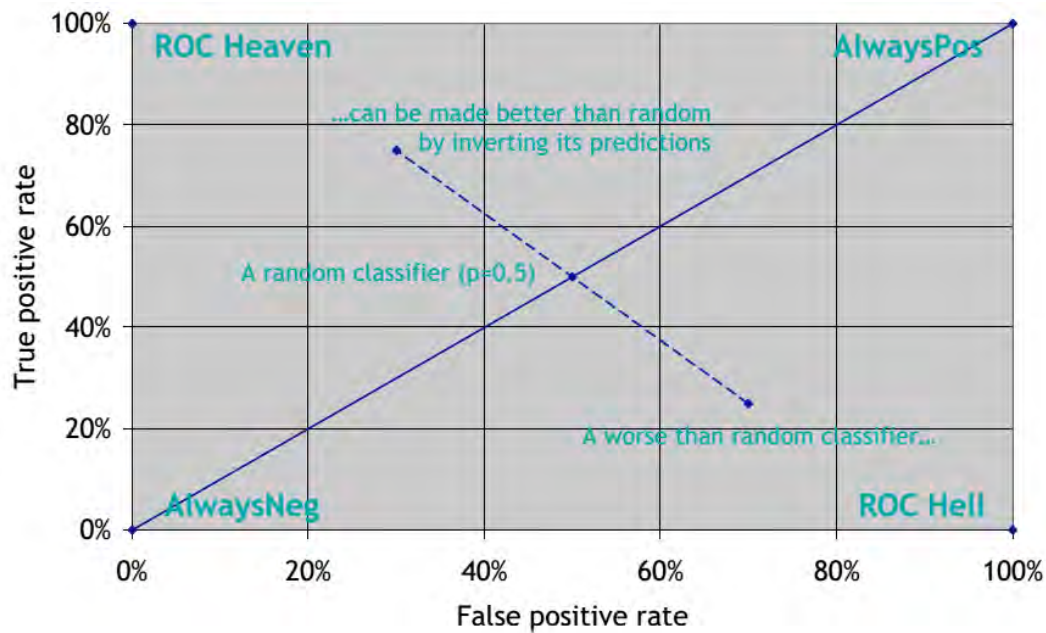
		Kelas sebenarnya	
		P	N
Kelas prediksi	P	Jumlah <i>True Positive</i>	Jumlah <i>False Positive</i>
	N	Jumlah <i>False Negative</i>	Jumlah <i>True Negative</i>

Gambar 2.65 Matrik *Confusion* dalam Analisa ROC

Dalam penerapannya, kurva ROC dapat digunakan untuk menyelesaikan beragam permasalahan, antara lain: (1) menetapkan ambang batas keputusan yang dapat meminimalkan laju kesalahan atau klasifikasi yang tidak tepat; (2) mengidentifikasi area dimana suatu kelas memiliki kinerja yang lebih baik dibanding yang lain; (3) mengidentifikasi area dimana suatu kelas memiliki kinerja

lebih buruk daripada yang semestinya; dan (4) mendapatkan perkiraan yang terkalibrasi dari kelas terbawah (Flach, 2010).

Melalui kurva ROC, sensitivitas klasifikasi dapat ditingkatkan dengan menginversi hasil prediksinya. Area-area dalam kurva ROC dapat ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.66 Pemetaan Area dalam Kurva ROC (Flach, 2004)

2.7 Penelitian Terkait

Seleksi *web service* pada layanan SaaS ERP telah pula dilakukan oleh Hijriani (2003) dengan membandingkan kebutuhan non-fungsional pengguna dengan SLA penyedia layanan dengan pendekatan ontologi. Hijriani (2013) telah menempatkan bobot pada atribut ontologi SLA *web service* ERP ke dalam susunan OWL-S. Proses seleksi dilakukan dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang membandingkan preferensi kualitas yang diinginkan pelanggan dengan atribut QoS bagi *web service* atomik yang telah dikomposisi menjadi model proses bisnis tunggal di setiap paket SaaS ERP. Metode ontologi SLA-AHP memiliki nilai presisi dan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam menangani variasi nilai, tipe data, bobot atas properti QoS untuk menetapkan peringkat SLA dari *web service* yang ditawarkan (Hijriani, 2013).

Penelitian oleh Pabitha (2012), menyampaikan pendekatan anotasi semantik pada pemeringkatan *web service* yang didasarkan pada QoS yang menjadi preferensi pengguna (Pabitha et al., 2012). Pabitha telah memperlakukan preferensi pengguna sebagai bobot untuk memprioritaskan atribut QoS *web service* dan merekomendasikan pengguna daftar hasil pemeringkatan *web service* yang diketemukan. Anotasi semantik yang digunakan Pabitha adalah SAWSDL yang dinilai lebih bisa meningkatkan otomasi proses penelusuran layanan, kesamaan layanan, dan komposisi layanan.

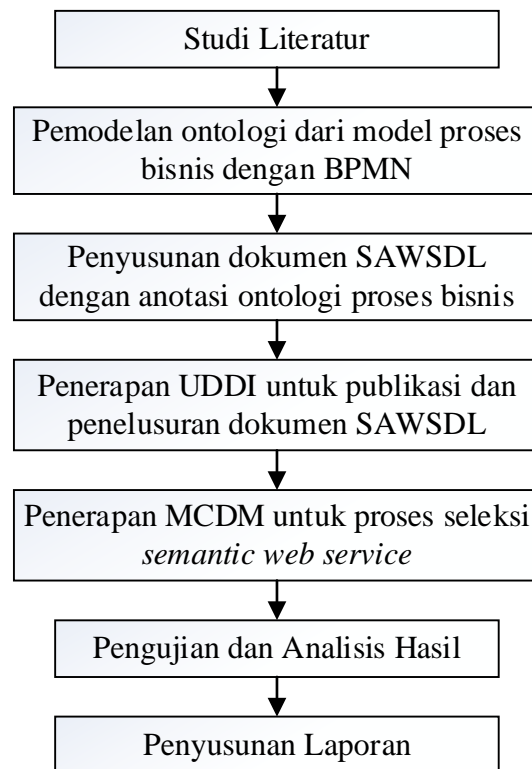
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Adapun sistematika metodologi yang dilakukan pada penelitian ini, ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

1. Studi literatur

Melakukan studi literatur terhadap kajian penerapan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) dalam pemilihan *semantic web service* baik kajian teoritis maupun praktis. Termasuk dalam kegiatan studi literatur ini, yaitu mengkaji dan mempelajari aspek variabilitas dalam proses bisnis yang berpengaruh pada peningkatan kompleksitas proses sehingga menjadikan tarik ulur diantara keduanya untuk diselesaikan dengan penerapan MCDM.

2. Pemodelan ontologi dari model proses bisnis dengan BPMN

Pemodelan ontologi model proses bisnis diperlukan untuk dapat menganotasikan model proses bisnis yang didukung oleh setiap *web service* kedalam deskripsi WSDL secara semantik. Sehingga penelusuran *web service* dengan UDDI dapat didasarkan pada pencocokan ontologi proses bisnisnya.

3. Penyusunan dokumen SAWSDL dengan anotasi ontologi proses bisnis

Penempatan atribut anotasi semantik *modelReference* pada elemen antarmuka WSDL dengan lokasi dokumen ontologi proses bisnis yang berkaitan. Atribut *modelReference* juga ditambahkan pada definisi tipe data baik sebagai parameter masukan maupun luaran dari *web service*.

4. Pengembangan UDDI untuk publikasi dan penelusuran dokumen SAWSDL

Penyediaan perangkat *service registry* UDDI untuk memudahkan publikasi dan penelusuran deskripsi *web service* dengan lebih global melalui penyesuaian yang memungkinkan UDDI untuk dapat memproses informasi secara semantik.

5. Pengembangan MCDM untuk proses seleksi *semantic web service*

Penyediaan perangkat pengambilan keputusan multi-kriteria pada pemilihan *web service* menggunakan gabungan metode Fuzzy AHP dan TOPSIS. MCDM merupakan pendekatan yang dipilih untuk menyelesaikan permasalahan tarik ulur pada tingkat kepentingan kriteria variabilitas dan kompleksitas proses bisnis sebagai bagian dari kriteria seleksi *web service*.

6. Pengujian dan Analisis Hasil

Kegiatan menguji dan menganalisis hasil pengujian dalam penelitian ini bertujuan untuk membuktikan apakah sistem dapat memberikan solusi yang dapat membantu menyediakan alternatif *web service* yang paling optimal dalam mendukung proses bisnis yang dibutuhkan pengguna dan memenuhi kualitas layanan yang diinginkan.

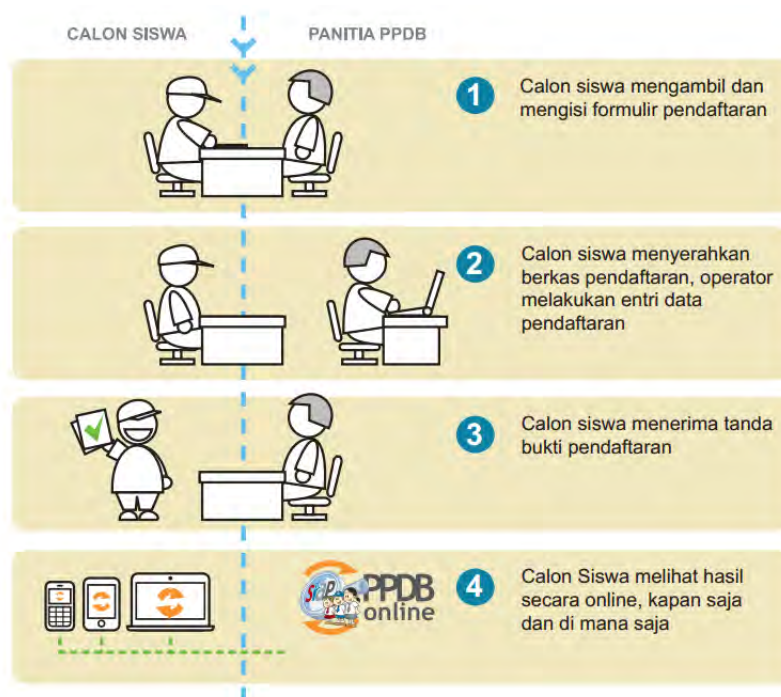
7. Penyusunan Laporan

Kegiatan menyusun laporan penelitian sebagai bagian dari dokumentasi langkah-langkah penelitian, pustaka yang menjadi dasar pemikiran, desain dan perancangan sistem, hasil pengujian, serta analisa yang disimpulkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

3.2 Proses Bisnis pada Penerimaan Peserta Didik Baru

Sebagai studi kasus dalam penelitian ini, dipilih layanan Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) dengan proses bisnis atau *workflow* yang berhubungan dengan proses pendataan dan pendaftaran siswa baru mulai jenjang SD hingga SMA/K, baik melalui seleksi reguler maupun non reguler dengan tahap pendaftaran bisa lebih dari sekali pada sekolah-sekolah yang berbeda. Kompleksitas dan variabilitas layanan PPDB dapat mencakup proses bisnis multi kota, multi jenjang, multi pilihan sekolah, multi seleksi, dan multi tahapan pendaftaran. Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan pada layanan PPDB yang dikembangkan salah satu perusahaan telekomunikasi dan telah diterapkan di 34 kabupaten/kota se-Indonesia dalam 5 tahun terakhir.

Terdapat empat model umum pada proses bisnis layanan PPDB, dan dapat merupakan gabungan dari model-model tersebut. Keempat model tersebut adalah:

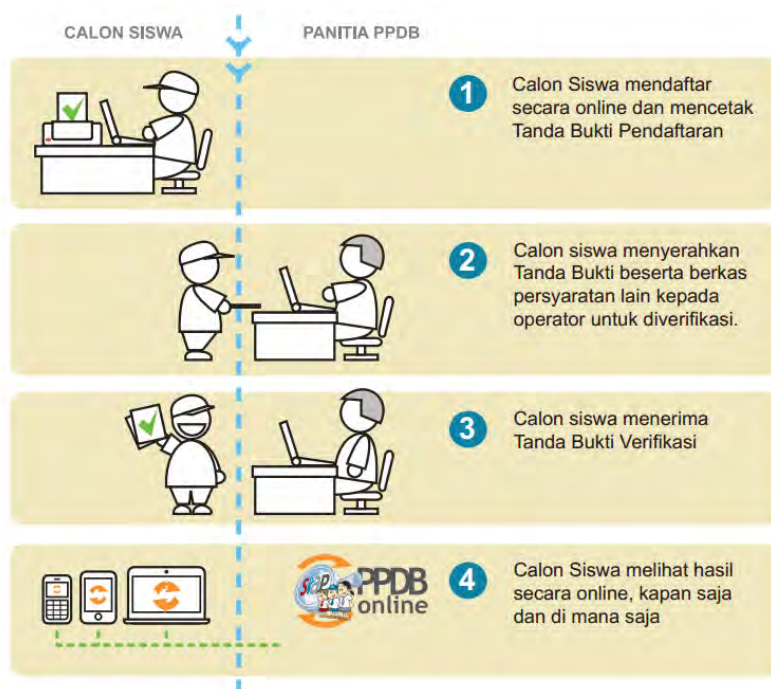


Gambar 3.2 Alur Penerimaan Peserta Didik Baru untuk Model A

1. Model A, dimana proses pendaftaran peserta didik dilakukan sepenuhnya oleh operator seperti ditunjukkan dalam alur pendaftaran pada Gambar 3.2. Proses

bisnis dimulai dari aktivitas prapendaftaran hingga entri data urutan pilihan sekolah sesuai berkas pendaftaran siswa. Selanjutnya siswa cukup melihat hasil seleksi pendaftaran berdasarkan nomor pendaftaran yang tercetak dari hasil entri operator pendaftaran.

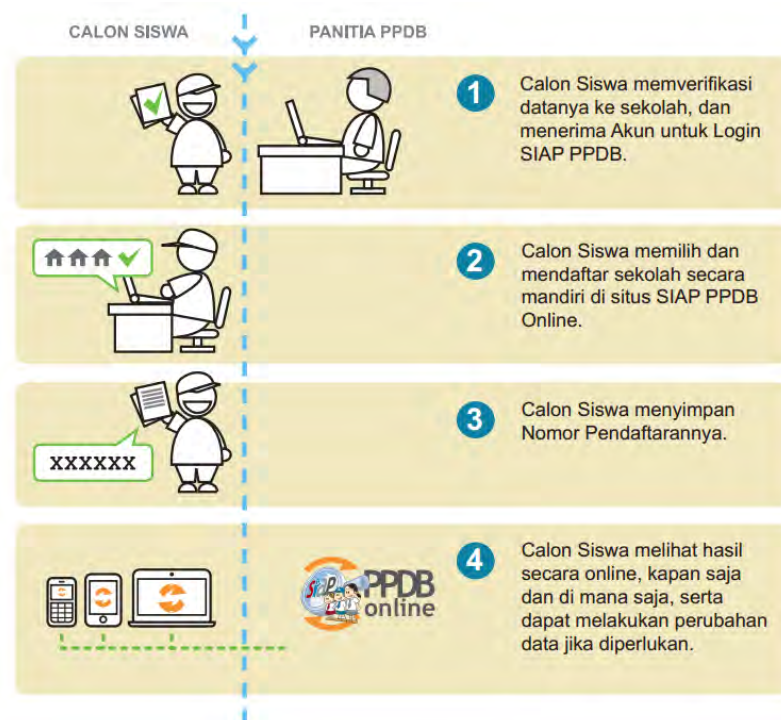
2. Model B, dimana proses pendaftaran peserta didik dilakukan mandiri oleh siswa melalui situs PPDB seperti ditunjukkan dalam alur pendaftaran pada Gambar 3.3. Sebelumnya siswa sudah mendapatkan *login token* dari sekolah atau dinas untuk mengaktifkan akunnya dan mengakses layanan. Siswa dapat menetapkan urutan pilihan sekolah yang didaftarkan dan mencetak tanda bukti pendaftaran. Selanjutnya operator sekolah melakukan verifikasi (persetujuan) pada bukti pendaftaran sehingga siswa dapat memonitor posisinya pada hasil seleksi yang ditayangkan.



Gambar 3.3 Alur Penerimaan Peserta Didik Baru untuk Model B

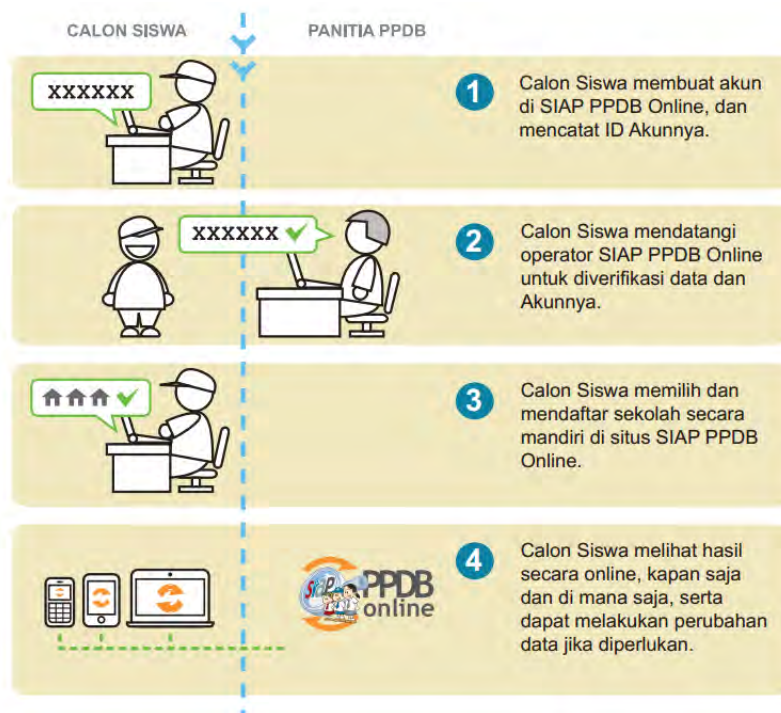
3. Model C, dimana proses pendaftaran peserta didik dimulai dengan siswa melakukan verifikasi biodata di salah satu sekolah pilihan untuk mendapatkan akun akses ke layanan PPDB. Selanjutnya siswa dapat menetapkan urutan pilihan sekolah yang akan didaftarkan secara mandiri melalui akun akses yang

diterima. Nomor pendaftaran yang menjadi cetak tanda bukti entri pendaftaran, digunakan untuk memonitor posisi siswa yang diterima melalui hasil seleksi yang ditayangkan. Alur pendaftaran hingga seleksi siswa untuk model C ditunjukkan pada Gambar 3.4.



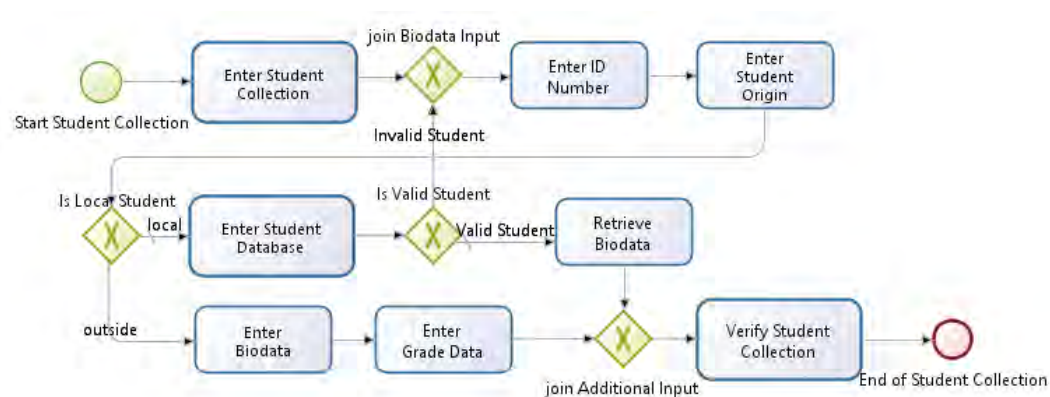
Gambar 3.4 Alur Penerimaan Peserta Didik Baru untuk Model C

- Model D, dimana proses pendaftaran peserta didik dimulai dengan siswa membuat akun untuk login dan mengakses layanan PPDB. Selanjutnya operator sekolah mengaktivasi akun siswa dan melakukan verifikasi pada data-data yang telah dientrikan. Untuk pendaftaran urutan sekolah pilihan, siswa dapat melakukannya secara mandiri dan mendapatkan nomor pendaftaran. Nomor pendaftaran ini digunakan untuk memonitor posisi siswa yang diterima melalui hasil seleksi yang ditayangkan. Alur pendaftaran hingga seleksi siswa untuk model D ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alur pendaftaran model D

Berdasarkan demo layanan PPDB yang disediakan, modul-modul yang dipergunakan dalam setiap model dapat dikelompokkan dan diidentifikasi kedalam empat proses umum PPDB, yaitu:



Gambar 3.6 Proses Bisnis Koleksi Data Pendaftar PPDB

1. Proses koleksi data, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.6 merupakan kegiatan PPDB yang berhubungan dengan perekaman data siswa baik lulusan dalam kota, luar kota, dan lulusan tahun sebelumnya. Proses ini harus dilalui pertama

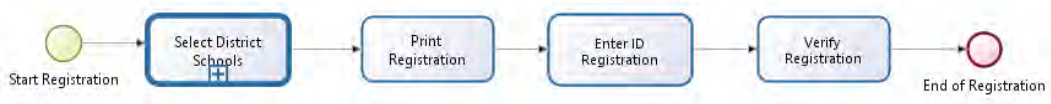
kali sebagai syarat siswa telah tervalidasi sebagai pendaftar PPDB. Data siswa yang dikoleksi meliputi verifikasi nomor ujian nasional, biodata diri dan keluarga, nilai per mata pelajaran, asal sekolah, domisili, maupun informasi lain yang disyaratkan.

- Proses prapendaftaran, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.7 merupakan kegiatan PPDB yang berhubungan dengan proses prapendaftaran yang mencatat nilai-nilai tambahan sebagai persyaratan seleksi pada pilihan sekolah siswa. Nilai tambahan dapat diperoleh dari tes tulis, wawancara, pembobotan berdasarkan asal sekolah atau domisili siswa, dan penilaian lain yang disyaratkan Dinas Pendidikan setempat.



Gambar 3.7 Proses Bisnis Prapendaftaran PPDB

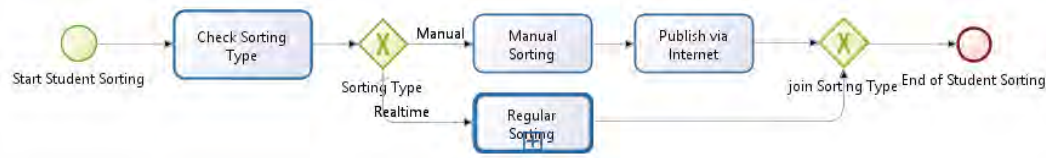
- Proses pendaftaran, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.8 merupakan kegiatan PPDB yang berhubungan dengan proses pendaftaran urutan pilihan sekolah. Aturan dan tata cara pendaftaran yang diterapkan sistem mengikuti pemilihan model pendaftaran yang digunakan. Proses dalam pendaftaran PPDB juga terkait mekanisme alih pendaftaran jenjang SMA ke SMK dan sebaliknya, diskualifikasi peserta, blokir dan mengundurkan diri dari sistem seleksi.



Gambar 3.8 Proses Bisnis Pendaftaran PPDB

- Proses seleksi dan publikasi, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.9 merupakan kegiatan PPDB yang berhubungan dengan proses seleksi berdasarkan total

penilaian siswa dan mempublikasikannya melalui media cetak, online, maupun SMS (*short message service*). Siswa yang telah dinyatakan lolos seleksi dan diterima di salah satu sekolah pilihannya, dapat mendatangi sekolah tempat dia diterima dan operator mencatatkannya ke dalam sistem sebagai siswa yang telah melaporkan diri.



Gambar 3.9 Proses Bisnis Seleksi dan Publikasi PPDB

Setiap kabupaten/kota yang menyelenggarakan PPDB menggunakan sistem dengan konfigurasi modul yang berbeda sesuai proses bisnis dari model pendaftaran yang dipilih. Proses bisnis PPDB setiap kabupaten/kota adalah unik untuk setiap jenjang satuan pendidikan (SD, SMP, SMA, dan SMK), jalur seleksi (reguler, inklusi, miskin, prestasi, domisili, dan unggulan/model), dan jumlah tahap pelaksanaan. Dari konfigurasi sistem yang dikumpulkan dari 34 kabupaten/kota (total 148 aturan), berhasil diidentifikasi 18 proses bisnis dari total empat proses umum yang merepresentasikan aturan-aturan PPDB Tahun 2014. Dari data konfigurasi PPDB tersebut, selanjutnya dimodelkan dengan BPMN untuk kebutuhan pengamatan penelitian ini.

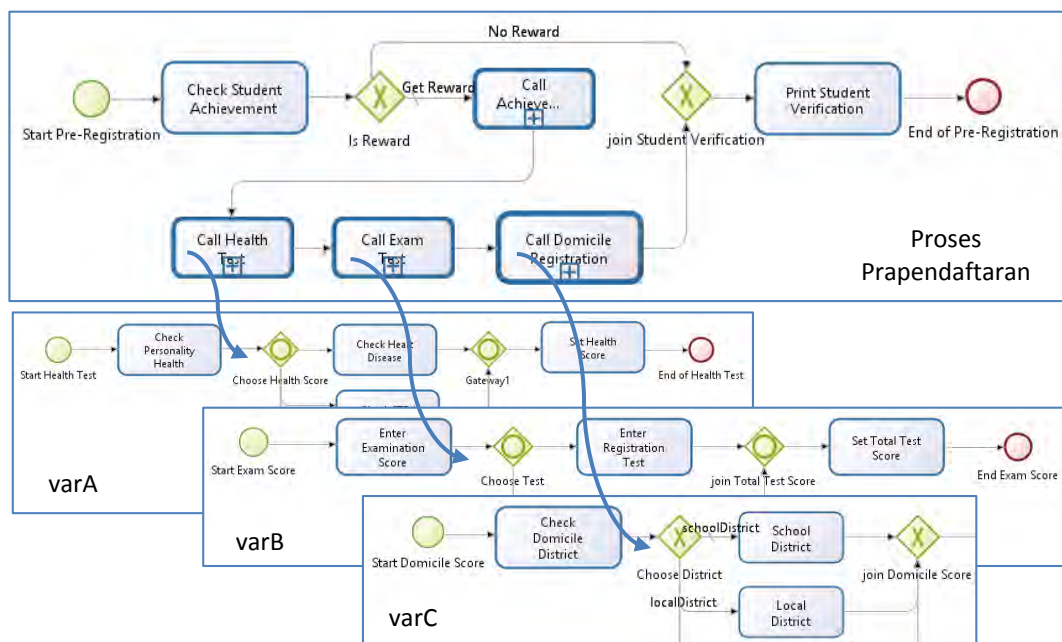
3.2.1 Variabilitas Proses Bisnis PPDB

Proses bisnis PPDB dapat memiliki komposisi aktivitas yang beraneka ragam yang nampak dari model pendaftaran yang dipilih. Variasi proses bisnis PPDB juga nampak dari penerapannya oleh kabupaten/kota yang berbeda untuk mode pendaftaran yang sama dapat memiliki kompleksitas yang berbeda. Variasi dalam proses bisnis PPDB meliputi:

1. Entri nilai siswa pada proses koleksi data pendaftar, mencakup aktivitas entri nilai ujian nasional, ujian sekolah, maupun rapor per semester.

2. Verifikasi data kependudukan pada koleksi data pendaftar, merupakan aktivitas pengecekan atau verifikasi data pendaftar yang terkoneksi dengan sistem kependudukan nasional.
3. Entri data nilai tambahan pada proses prapendaftaran, meliputi nilai tes tulis, nilai tes kesehatan, nilai tes tambahan, nilai berbagai jenis prestasi, maupun nilai tambahan berdasarkan rayon domisili.
4. Pendaftaran pilihan sekolah yang dibedakan berdasarkan jumlah pilihan sekolah yang dapat dipilih, jenjang pendidikan, jenis pendidikan (umum atau kejuruan), dan pilihan sekolah berdasarkan rayon atau lokasinya.

Variabilitas proses bisnis PPDB dapat diamati dari ragam jalur seleksi dan tahap pelaksanaan yang dapat diikuti siswa menurut model PPDB yang diterapkan. Gambar 3.10 menunjukkan contoh variasi proses bisnis model A dengan adanya proses entri nilai tambahan (tes wawancara, tes tulis, atau tes khusus) yang dilakukan sekolah atau dinas kabupaten/kota pada saat proses pendaftaran masih berlangsung. Aktivitas tersebut dapat disisipkan sebelum hasil seleksi resmi diumumkan, dengan mempertimbangkan peserta tes hanyalah siswa yang telah melalui proses koleksi data pendaftaran PPDB.



Gambar 3.10 Variasi Proses Bisnis pada Prapendaftaran PPDB

Dalam Gambar 3.10 menunjukkan sub aktivitas “*Call Health*”, “*Call Exam*”, dan “*Call Domicile Registration*” dalam proses bisnis prapendaftaran PPDB. VarA mewakili variasi proses bisnis entri nilai tes kesehatan, VarB untuk entri nilai tes masuk, dan VarC untuk nilai berdasarkan domisili. Keberagaman konfigurasi atau aturan PPDB merupakan bentuk *variability by restriction* pada proses bisnis PPDB yang membatasi kastemisasi model PPDB hanya pada aturan-aturan sesuai Petunjuk Teknis PPDB. Demikian pula *variability by extension* yang memungkinkan diperolehnya perilaku proses bisnis yang paling umum dan dapat dibagipakaikan dengan semua ragam proses bisnis.

3.2.2 Repositori Proses Bisnis PPDB

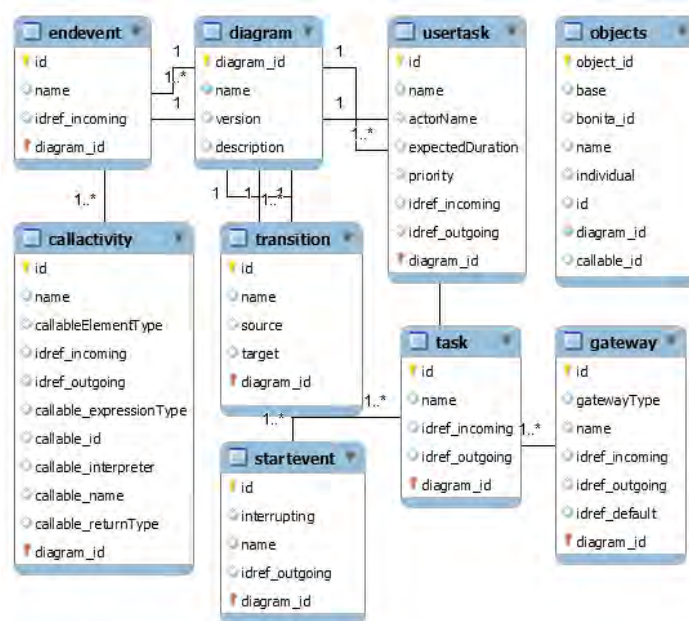
Untuk kebutuhan penelitian ini, proses bisnis PPDB dimodelkan dalam BPMN menggunakan perangkat lunak Bonita BPM. Perangkat tersebut merupakan salah satu kerangka kerja *Business Process Management Suite* (BPMS) yang bersifat open source dalam memodelkan proses berbasis BPMN 2.0. Kerangka kerja teknologi Bonita dapat mengidentifikasi, merancang, mengeksekusi, mendokumentasi, mengukur, memonitor, dan mengendalikan baik proses otomasi maupun non otomasi. Bonita memiliki tiga komponen utama, yaitu: *Bonita Studio* untuk perangkat pemodelan BPMN (berikut aktor setiap aktivitas), *Bonita BPM Engine* untuk mengeksekusi proses yang telah dimodelkan dengan Bonita Studio, dan *Bonita Portal* untuk antarmuka pengguna sebagai aktor sesuai aktivitas yang telah ditetapkan di model prosesnya.

Dalam memodelkan proses bisnis BPMN, Bonita mengemasnya dalam file dengan format XML. Dengan mengekstraksi file definisi proses ini, model dapat disimpan dalam suatu repositori untuk kebutuhan konversi model, melakukan analisa variabilitas, serta menghitung tingkat kompleksitas proses bisnis. Repositori model proses bisnis juga digunakan untuk mengelola variasi proses dalam PPDB melalui notasi sub-proses *Call Activity*. Penggunaan notasi *Call Activity* memungkinkan pemakaian ulang proses (*reusability*) mengingat beberapa variasi proses bisnis dapat menggunakan sub-proses yang sama. Gambar 3.11 menunjukkan skema XML untuk salah satu file definisi model proses BPMN pada prapendaftaran PPDB yang menggunakan pemodelan Bonita.

XML	
processDefinition	
xmlns	http://www.bonitasoft.org/ns/process/client/6.3
bos_version	6.0-SNAPSHOT
description	
displayDescr...	
name	frag1_PreRegistration
version	1.0
stringIndexes	
flowElements	
transitions	
connectors	
dataDefinitions	
documentDefinitions	
documentListDefinitions	
flowNodes	
automaticTask id=7890375871734920960 name=Check Student Ac...	
callActivity callableElementType=PROCESS id=74239050383559449...	
automaticTask id=4860290176634042795 name=Print Student Verifi...	
gateway (2)	
startEvent id=9187257491329603105 interrupting=true name=Start ...	
endEvent id=7517605670051168061 name=End of Pre-Registration	

Gambar 3.11 Skema XML pada File Definisi Proses Prapendaftaran PPDB

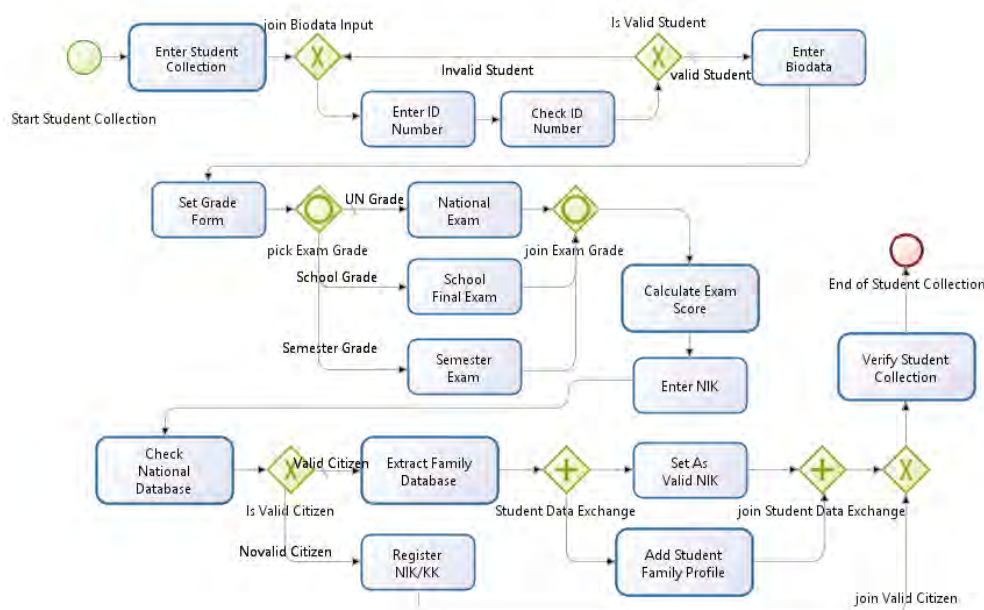
Dalam skema XML, obyek BPMN berada dalam elemen *flowNodes* yang mewakili aktivitas berupa *Task*, *Call Activity*, *Gateway* (*Parallel*, *Exclusive*, dan *Inclusive*), *Start Event*, dan *End Event*. Setiap obyek BPMN diberi label ID sebagai pengenal yang bersifat unik dan berhubungan dengan obyek lain melalui *transition* atau *connector*. Gambar 3.12 merupakan diagram relasi entitas untuk struktur basis data yang menyimpan hasil ekstraksi obyek BPMN dari file definisi proses Bonita.



Gambar 3.12 Diagram Relasi Entitas Untuk Repositori Proses Bisnis

3.2.3 Kompleksitas Proses Bisnis PPDB

Setiap *web service* menawarkan proses bisnis yang didukungnya sesuai kebutuhan atribut masukan dan luaran dari fungsi atau operasi yang dapat dijalankannya. Kompleksitas proses bisnis yang diwakili oleh *web service* dapat menjadi pertimbangan dalam memilih *web service* dengan kinerja yang lebih optimal dan efisien. Oleh karenanya, penting untuk mengetahui nilai atau tingkat kompleksitas proses bisnis yang dianotasikan dalam setiap *web service* oleh penyedia. Metode untuk menghitung kompleksitas proses bisnis, salah satunya dengan pendekatan *Control-Flow Complexity* (CFC). Gambar 3.13 menunjukkan salah satu variasi proses bisnis PPDB untuk kelola pendataan siswa (koleksi data) yang dianotasikan pada *web service*. Sedangkan Tabel 3.1 menunjukkan metrik hasil pengukuran kompleksitas dari model proses bisnis PPDB dalam Gambar 3.13.



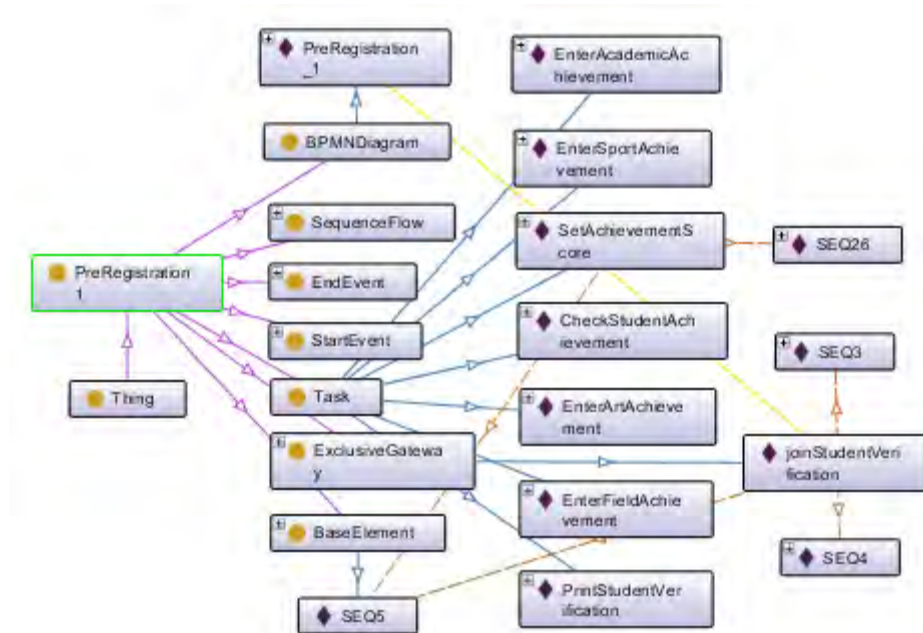
Gambar 3.13 Model Proses Bisnis PPDB untuk Pendataan (Koleksi Data) Siswa

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Kompleksitas Bisnis Proses Pendataan Siswa

Split	CFC
$CFC_{XOR-Split}(Is\ Valid\ Student)$	2
$CFC_{XOR-Split}(Valid\ Citizen)$	2
$CFC_{OR-Split}(pick\ Exam\ Grade)$	2^3-1
$CFC_{AND-Split}(Student\ Data\ Exchange)$	1
$CFC_{abs}(Student\ Collection)$	=12

3.2.4 Ontologi BPMN Pada PPDB

Proses bisnis PPDB dimodelkan dalam BPMN 2.0 menggunakan perangkat Bonita BPM 7.1.3. Hasil ekstraksi file definisi proses dari Bonita, disediakan dalam basis data untuk kemudian dipetakan dan diformalisasikan dalam format Ontologi BPMN 2.0. Dengan mempertimbangkan kebutuhan anotasi proses bisnis PPDB, representasi ontologi dari hasil ekstraksi file definisi BPMN cukup disediakan untuk elemen-elemen dasar BPMN berikut relasi antar elemen yang ditunjuk oleh konektor. Elemen BPMN 2.0 yang akan diproses dan ditempatkan dalam ontologi mencakup: *Sequence Flow*, *User Task*, *Manual Task*, *Parallel Gateway*, *Inclusive Gateway*, *Exclusive Gateway*, *Start Event*, dan *End Event*. Gambar 3.14 menunjukkan ontologi proses bisnis dari format BPMN untuk salah satu contoh proses Prapendaftaran PPDB.



Gambar 3.14 Ontologi Proses Bisnis Prapendaftaran PPDB

3.3 Penyusunan dan Publikasi *Semantic Web Service*

Dokumen WSDL mendeskripsikan fungsionalitas atau operasi yang dapat dikerjakan *web service* dalam format XML. Informasi yang tersedia dalam WSDL meliputi metode yang digunakan untuk meng-*invoke web service* tersebut, namun

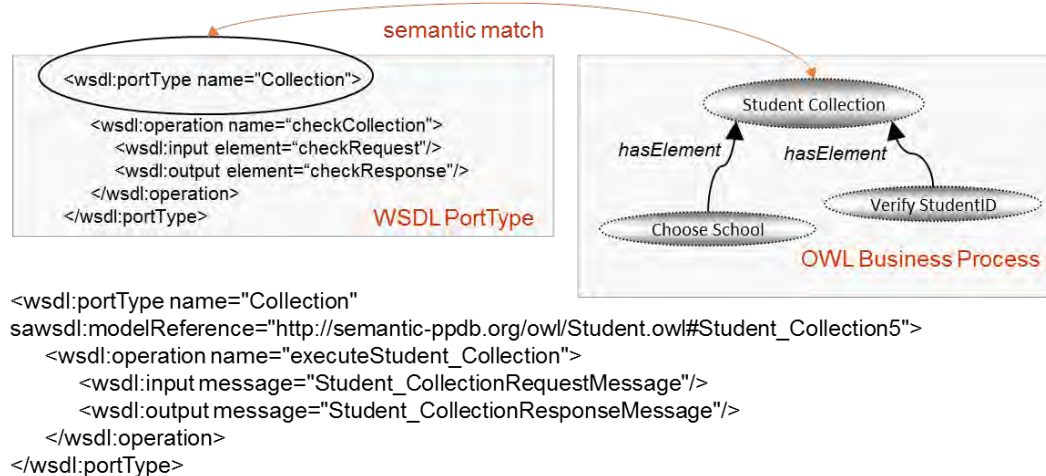
tidak menyertakan aspek *Quality of Service* (QoS) dari layanan yang direpresentasikan. Terdapat tiga pendekatan yang secara umum digunakan peneliti sebagai solusi untuk menyertakan parameter kualitas dalam *web service*, yaitu menempatkan anotasi semantik pada dokumen WSDL, menambahkan QoS pada ekstensi UDDI, dan menggunakan arsitektur *broker* yang mencantumkan informasi QoS dari setiap *web service* (Hijriani, 2013).

Penelitian ini menempatkan aspek non fungsional berupa kualitas *web service* pada ekstensi UDDI, dan aspek fungsional *web service* yang direpresentasikan dalam bentuk ontologi untuk dianotasikan pada dokumen WSDL. Informasi yang dianotasikan dalam SAWSDL memuat ontologi BPMN dari proses bisnis PPDB yang didukung, serta ontologi yang memuat daftar atribut data masukan dan luaran yang dibutuhkan oleh *web service* tersebut. Penyedia *web service* memanfaatkan dokumen SAWSDL ini untuk mendeskripsikan spesifikasi fungsional dan non fungsional dari *web service* yang akan dipublikasikannya. Publikasi dan penelusuran dokumen SAWSDL menggunakan perangkat *semantic service registry* (UDDI) guna pemanfaatan *web service* PPDB yang lebih luas.

3.3.1 Anotasi Ontologi Proses Bisnis pada Dokumen SAWSDL

Untuk penelusuran yang lebih luas pada model proses bisnis PPDB, deskripsi *web service* dapat dianotasikan dengan informasi semantik yang memuat hasil formalisasi ontologi BPMN. Penempatan anotasi semantik kedalam dokumen SAWSDL relatif mudah dibandingkan OWLS maupun WSMO. Anotasi SAWSDL dapat dilakukan melalui penggunaan hanya *modelReference*, atau melalui *modelReference* dan *schemaMapping*.

Dalam penelitian hanya digunakan anotasi *modelReference*, dengan pertimbangan bahwa anotasi tersebut dinilai sudah cukup untuk menentukan hubungan antara komponen WSDL atau skema XML (baik antarmuka, jenis operasi, hingga definisi tipe *web service*) dengan konsep yang tersedia dalam ontologi proses bisnis dan spesifikasi kebutuhan data *web service*. Perangkat yang digunakan untuk menempatkan anotasi semantik pada dokumen WSDL adalah *Eclipse* dengan *plug-in* yaitu *Radiant* (Gomadam et al., 2005). Dengan menggunakan *Radiant*, anotasi semantik pada WSDL dilakukan secara manual.



Gambar 3.15 Anotasi *modelReference* pada Elemen Operasi dari *Web Service*

Gambar 3.15 menunjukkan cara menempatkan salah satu proses bisnis PPDB yang menggunakan anotasi *modelReference* pada elemen *portType* dari *web service* kedalam dokumen SAWSDL. Mekanisme yang sama juga digunakan untuk menempatkan anotasi semantik data masukan dan luaran *web service* yang berelasi dengan ontologi dari kebutuhan data masukan atau luaran proses bisnis.

3.3.2 Penerapan Semantic Service Registry

Sebagai suatu sistem service registry, UDDI menjadi sistem katalog *web service* sehingga dapat ditelusuri lebih global bagi seluruh pengguna. Untuk mendukung publikasi dan penelusuran *semantic web service*, Kourtesis (2008) mengembangkan FUSION *Semantic Registry* dengan memperluas fungsionalitas registrasi dari UDDI. FUSION menyediakan kemampuan dalam menggambarkan (*profiling*) dari *semantic web service* yang berbasis OWL-DL melalui pencocokan semantik pada anotasi *web service* (Kourtesis and Paraskakis, 2008). Untuk penelusuran semantik, penyedia layanan harus menambahkan anotasi semantik pada antarmuka WSDL-nya guna membangun *Advertisement Functional Profile* (AFP). Sedangkan untuk pemohon layanan, juga perlu menyiapkan spesifikasi permintaannya melalui *Request Functional Profiles* (RFP). Berikut ini dijelaskan tahapan publikasi *semantic web service* yang dijalankan oleh FUSION:

1. Mengurai anotasi semantik dari dokumen SAWSDL berdasarkan lokasi yang ditunjukkan oleh *Uniform Resource Identifier* (URI).
2. Melakukan pemetaan pada nama, deskripsi, dan informasi penyedia *web service* sebagai bagian dari kebutuhan untuk kueri publikasi.
3. Menyusun AFP dari ekstraksi *semantic web service* dan menambahkannya pada ontologi hasil menggunakan OWL API. Ontologi hasil menjadi dasar pengetahuan dari semua *semantic web service* yang berhasil dipublikasikan.
4. Menyusun indeks dari pencocokan semantik setiap RFP dengan hasil publikasi *semantic web service*.

Dengan demikian, penyedia layanan PPDB disyaratkan untuk mempublikasikan dokumen SAWSDL dengan anotasi semantik yang memuat atribut data masukan dan luaran web service, ontologi model proses bisnis PPDB sebagai bagian dari fungsionalitas *web service*, serta atribut dan nilai kualitas layanan yang dijanjikan penyedia yang menjadi spesifikasi dari non fungsionalitas *web service*. Gambar 3.16 menunjukkan mekanisme publikasi *semantic web service* menggunakan FUSION API.



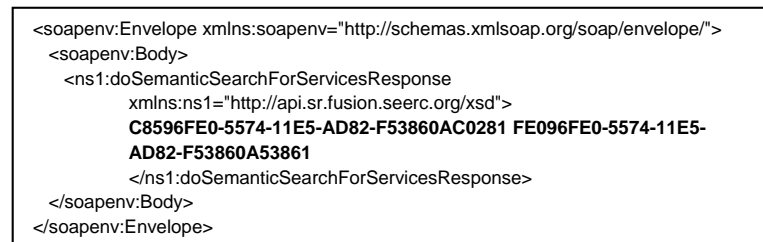
Gambar 3.16 Mekanisme Permintaan Publikasi *Web Service* dengan FUSION API

Pemohon layanan dapat melakukan penelusuran dengan memanfaatkan FUSION API melalui RFP. Hasil penelusuran tersebut menampilkan daftar *UUID key* yang merupakan label identitas unik dari *semantic web service* yang bersesuaian dengan spesifikasi dari RFP. Gambar 3.17 menunjukkan mekanisme permintaan pencarian web service menggunakan FUSION API yang didefinisikan di RFP.



Gambar 3.17 Mekanisme Permintaan Pencarian *Web Service* dengan FUSION API

Berdasarkan permintaan pencarian *web service* dari pengguna, FUSION meresponnya dengan menampilkan daftar semua label UUID yang cocok dengan taksonomi dan atribut data masukan dan luaran *web service*. Gambar 3.18 menunjukkan daftar identitas *web service* (UUID) yang memiliki spesifikasi yang bersesuaian dengan kebutuhan pengguna yang didefinisikan dalam RFP.



Gambar 3.18 Contoh Respon FUSION Terhadap Permintaan Pencarian *Web Service*

Selanjutnya dari daftar UUID ini, dapat diketahui detail informasi masing-masing *web service* melalui mekanisme permintaan data detail *web service* menggunakan FUSION API. Respon yang diberikan API detail *web service* seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.19.

```
<soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <soapenv:Body>
    <ns1:getServiceDetailsResponse xmlns:ns1="http://api.sr.fusion.seerc.org/xsd">
      <ns1:serviceName>spA-Student_Collection19</ns1:serviceName>
      <ns1:serviceFreeTextDescription>http://localhost/sawSDL/ppdb_ws_agreement.xml
      </ns1:serviceFreeTextDescription>
      <ns1:locationOfSAWSDDLDocument>http://localhost/sawSDL/sp1_studentcollection163.wsdl
      </ns1:locationOfSAWSDDLDocument>
      <ns1:serviceProviderUUID>AAAE83A0-B211-11E5-B8B0-A9678064442F</ns1:serviceProviderUUID>
      <ns1:categoryAnnotationURI>
        http://uddi.semantic-ppdb.org/owl/frag4_Student_Collection.owl#Student_Collection4
      </ns1:categoryAnnotationURI>
      <ns1:listOfInputAnnotationURIs>
        http://uddi.semantic-ppdb.org/owl/ppdbDataFacet.owl#TestNumber
        http://uddi.semantic-ppdb.org/owl/ppdbDataFacet.owl#StudentName
      </ns1:listOfInputAnnotationURIs>
      <ns1:listOfOutputAnnotationURIs>
        http://uddi.semantic-ppdb.org/owl/ppdbDataFacet.owl#RegistrationNumber
      </ns1:listOfOutputAnnotationURIs>
      <ns1:listOfMatchingRequestFunctionalProfileURIs>
        http://uddi.semantic-ppdb.org/owl/ppdbFunctionalFacet.owl#RFPStudentCollectionCA4
      </ns1:listOfMatchingRequestFunctionalProfileURIs>
    </ns1:getServiceDetailsResponse>
  </soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>
```

Gambar 3.19 Contoh Respon FUSION Terhadap Permintaan Detil *Web Service*

3.4 Kualitas Layanan Pada *Service Oriented Architecture* (SOA)

Proses bisnis suatu organisasi mencakup rangkaian layanan-layanan yang merepresentasikan aktivitas-aktivitas yang dieksekusi. Dengan berkembangnya penerapan SAAS (*Software As A Service*), layanan yang dijalankan organisasi banyak didukung atau diinstansiasi oleh arsitektur layanan web yang mengarahkan pada penerapan gagasan komputasi berorientasi layanan (*Service Oriented Computing*, SOC) dan aplikasi didalamnya. Untuk meningkatkan nilai tambah pada pengguna, proses bisnis dalam dan antar organisasi telah menuju pada bagaimana proses bisnis dapat diotomasi menggunakan arsitektur berorientasi layanan (*Service Oriented Architecture*, SOA).

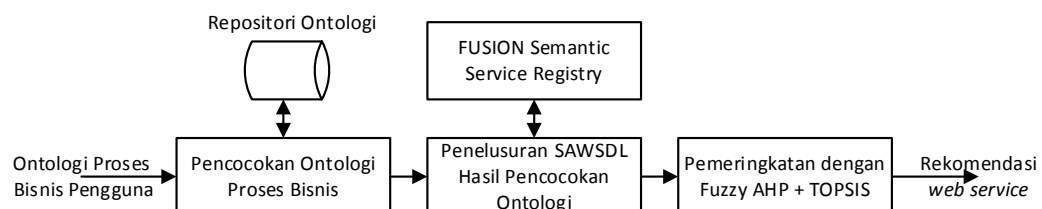
Dengan mempertimbangkan lingkungan pengembangan sistem pada SOA, maka penelitian ini menggunakan sebagian standar atribut kualitas *web service* yang disampaikan *Software Engineering Institute* (SEI) (Bianco, Lewis and Merson, 2008). Penilaian kualitas *web service* mengadopsi pula kualitas model proses bisnis dimana *web service* tersebut dikomposisi. Hasil penilaian ini menjadi

kriteria pemilihan *web service* terbaik yang memenuhi preferensi atau kebutuhan layanan yang disyaratkan pengguna. Berikut ini atribut-atribut kualitas yang diterapkan dalam sistem dan menjadi kebutuhan non fungsional yang menjadi dasar pemeringkatan *web service*.

- Variabilitas: merupakan jumlah varian proses bisnis dapat dikomposisikan. Nilai ini dapat direpresentasikan oleh jumlah sub-proses yang dapat tersedia dalam suatu model proses bisnis.
- Kompleksitas: merupakan nilai kompleksitas proses bisnis yang tersedia dalam repositori yang diukur menggunakan pendekatan *Control-Flow Complexity* (CFC). Metrik kompleksitas dapat digunakan dalam mengevaluasi kemampuan untuk dapat diubah (*modifiability*) dan dapat dipahami (*understandability*).
- Biaya: adalah biaya setiap permintaan layanan
- Kapasitas: adalah jumlah permintaan yang secara bersamaan dapat ditangani oleh layanan dalam jangka waktu tertentu.
- Latensi: diukur dari maksimum selisih waktu antara kedatangan permintaan dan tanggapan (pemenuhan) permintaan *web service*.

3.5 Seleksi *Semantic Web Service*

Tahapan penting dalam penelitian ini adalah mekanisme seleksi *semantic web service* guna mendapatkan kandidat penyedia *web service* yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna baik secara fungsional maupun non-fungsional (dalam bentuk kualitas layanan). Tahapan seleksi *semantic web service* berdasarkan ontologi proses bisnis dan kualitas layanan dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Tahapan proses seleksi dalam pemilihan *semantic web service*

3.5.1 Pencocokan Ontologi Proses Bisnis

Selain dideskripsikan di SAWSDL, BPMN Ontologi harus dibentuk sebagai permintaan proses bisnis yang menyertai kualitas yang dibutuhkan pengguna. Pencarian semantik dilakukan dengan pencocokan ontologi antara model permintaan proses bisnis ke dalam repositori untuk mendapatkan taksonomi yang paling mendekati kesamaannya. Pencocokan ontologi dapat dicapai dengan membandingkan dua ontologi dan menghasilkan nilai keselarasan diantara keduanya guna menilai tingkat kecocokannya. Pengukuran keselarasan ontologi ini, menggunakan *Procalign* API yang telah dikembangkan oleh Euzenat (Euzenat, 2004). Perangkat lunak ini dapat menyediakan format keselarasan ontologi dalam bentuk Java API dengan kegunaan untuk mengurai ontologi, menggabungkan ontologi, menghitung nilai keselarasan antar ontologi, menetapkan ambang batas keselarasan antar ontologi, dan membandingkan kedua ontologi.

Untuk dapat menghitung keselarasan antar ontologi, *Procalign* API membaca ontologi dalam format OWL/RDF dan menyusun obyek keselarasannya dalam format tertentu. Selanjutnya, hasil perhitungan ditampilkan atau dikemas dalam file format XML berikut nilai perbandingan antar kelas kedua ontologi. Berikut disampaikan konfigurasi *Procalign* API dalam penelitian ini.

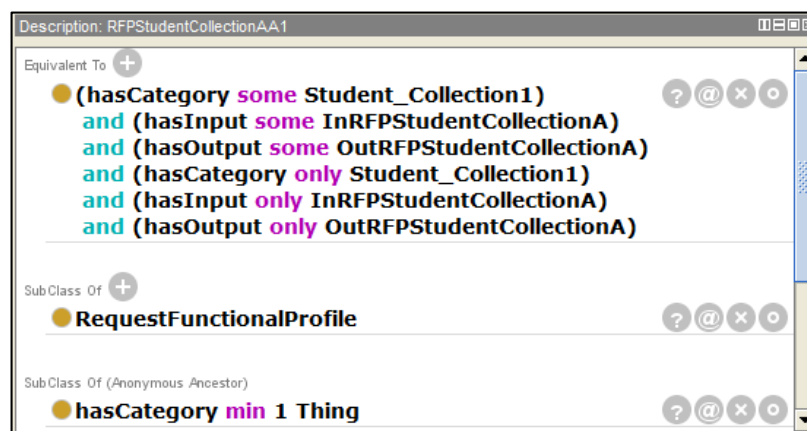
- Metode keselarasan ontologi yang diterapkan adalah didasarkan pada hasil pengukuran jarak antar kata atau kalimat (*string distance alignment*).
- Fungsi pengukuran jarak antar kata atau kalimat menggunakan algoritma *levenshtein distance*.
- Nilai ambang batas sebesar 0.5 dengan metode proporsional, guna mengeliminasi nilai *confidence* yang sangat rendah.
- Hasil keluaran dalam format ontologi berupa RDF (yang berbasis XML).

Selanjutnya, menghitung total nilai keselarasan untuk setiap model ontologi yang dibandingkan dan menyaring daftar ontologi proses bisnis yang memiliki total nilai kecocokan ontologi diatas atau sama dengan 90% dari total keselarasan maksimum untuk ontologi preferensi yang sama. Nilai toleransi 90% diasumsikan cukup ideal untuk mendapatkan kandidat *semantic web service* yang akurat sesuai preferensi proses bisnis yang diinginkan pengguna.

3.5.2 Penelusuran *Semantic Web Service*

Pada skema pemilihan *semantic web service*, hasil pencocokan ontologi proses bisnis berupa pemeringkatan ontologi proses bisnis yang tersedia dalam repositori untuk dipilih daftar ontologi dengan kriteria kecocokan dalam batas ambang tertentu. Nilai batas ambang (*threshold*) berupa prosentase kecocokan ontologi proses bisnis yang dapat ditoleransi untuk memenuhi kebutuhan proses bisnis pengguna. Semakin tinggi nilai *threshold*, semakin terbatas pilihan ontologi proses bisnis yang dapat ditelusuri pada repositori *semantic web service*. Ontologi proses bisnis yang terpilih, menjadi pertimbangan dalam memilih *web service* yang menganotasi proses bisnis tersebut dan kualitas layanan yang paling memenuhi preferensi pengguna.

Sebelum dilakukan pemeringkatan *web service*, sistem perlu menelusuri daftar *semantic web service* yang telah menganotasi model proses bisnis yang sesuai dengan hasil pencocokan ontologi proses bisnis dari pengguna. Penelusuran ini dilakukan secara iteratif melalui FUSION API untuk setiap ontologi proses bisnis yang terpilih. Spesifikasi RFP dalam penelusuran layanan dengan FUSION API, memuat taksonomi berupa ontologi proses bisnis yang dianotasi serta spesifikasi parameter data masukan dan keluaran setiap *web service* dalam repositori. Gambar 3.21 menunjukkan spesifikasi RFP untuk salah satu varian ontologi proses bisnis PPDB berikut kebutuhan data masukan dan keluaran yang diharapkan dari *semantic web service* yang ingin dicari.



Gambar 3.21 Salah Satu Spesifikasi RFP Pada Proses Bisnis Pendataan Siswa

3.5.3 Pemeringkatan *Web Service* Dengan Fuzzy AHP dan TOPSIS

Dengan merujuk pada penelitian Sun (2010) yang menggabungkan metode pengambilan keputusan Fuzzy AHP dan Fuzzy TOPSIS, diharapkan hasil komposisi *web service* dapat memenuhi kebutuhan QoS pengguna berdasarkan SLA penyedia *web service* dan kompleksitas proses bisnis yang didapatkan. Adapun prinsip kerja integrasi Fuzzy AHP dan Fuzzy TOPSIS yaitu:

1. Mengadopsi Fuzzy AHP untuk menentukan pembobotan pada kriteria yang dievaluasi. Prosedur ini dilakukan dengan:
 - a. menetapkan nilai linguistik pada alternatif dan kriteria,
 - b. menyusun matrik perbandingan berpasangannya,
 - c. menghitung rerata geometris dan bobot fuzzy dari setiap kriteria, dan
 - d. menghitung nilai bobot fuzzy setiap kriteria.
2. Membangun matrik keputusan fuzzy dan memilih variabel linguistik untuk alternatif dari kriteria. Pengguna menetapkan nilai linguistik setiap kriteria QoS yaitu *Equally Important*, *Weakly More Important*, *Strongly More Important*, *Very Strongly More Important*, dan *Absolutely More Important*. Tabel 3.2 menunjukkan daftar nilai linguistik dan bilangan fuzzy yang bersesuaian.

Tabel 3.2 Skala Nilai Linguistik dan Bilangan *Fuzzy*

Skala Linguistik	Nilai	TFN	<i>Inverse</i> TFN
Equally important (EI)	1	0.5,1,1.5	0.667,1,2
Weakly more important (WMI)	3	1,1.5,2	0.5,0.667,1
Strongly more important (SMI)	5	1.5,2,2.5	0.4,0.5,0.667
Very strongly more important (VSMI)	7	2,2.5,3	0.33,0.4,0.5
Absolutely more important (AMI)	9	2.5,3,3.5	0.286,0.33,0.4

Atribut kualitas layanan PPDB menjadi kriteria keputusan untuk memilih *semantic web service* yang terbaik berdasarkan penawaran dari penyedia. Kriteria keputusan yang dimaksud meliputi: *complexity*(C), *variability*(V), *cost*(Cs), *capacity*(Cp), dan *latency*(Lt). Tabel 3.3 menunjukkan susunan atribut QoS terhadap seleksi *semantic web service* yang ditawarkan.

Tabel 3.3 Matrik Perbandingan Berpasangan TFN dari Kriteria Layanan

	C	V	Cs	Cp	Lt
C	1,1,1	0.5,0.667,1	0.667,1,2	0.5,1,1.5	1,1.5,2
V	1,1.5,2	1,1,1	0.5,1,1.5	1.5,2,2.5	2.5,3,3.5
Cs	0.5,1,1.5	0.667,1,2	1,1,1	1,1.5,2	1.5,2,2.5
Cp	0.667,1,2	0.4,0.5,0.667	0.5,0.667,1	1,1,1	0.5,1,1.5
Lt	0.5,0.667,1	0.286,0.333,0.4	0.4,0.5,0.667	0.667,1,2	1,1,1

3. Melakukan normalisasi pada matrik keputusan fuzzy yang telah dibuat.
4. Melakukan pembobotan pada matrik keputusan fuzzy yang telah dinormalisasi.
5. Menentukan fuzzy PIS dan NIS.
6. Menentukan estimasi dan pemeringkatan dengan menghitung jarak antar fuzzy PIS dan NIS untuk memperoleh nilai keefisien kedekatan. Nilai ini akan menunjukkan tingkat kesenjangan dan kepuasan setiap komposisi terhadap nilai atribut QoS yang dipilih.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Adapun hasil penelitian ini telah dapat diimplementasikan beberapa perangkat lunak sebagai sistem pendukung yang berfungsi untuk:

- Mengimpor model proses bisnis PPDB dari diagram BPMN 2.0 ke dalam repositori berbentuk basis data MySQL 5.6,
- Menghitung tingkat kompleksitas dan jumlah varian yang dapat dikomposisikan untuk setiap model proses bisnis,
- Memetakan model proses bisnis BPMN ke dalam file *.owl dengan format Ontologi BPMN,
- Mengannotasikan alamat *Uniform Resource Identifier* (URI) dari file hasil pemetaan ontologi proses bisnis ke dalam dokumen SAWSDL,
- Mempublikasikan dokumen SAWSDL melalui *FUSION Semantic Service Registry*,
- Menilai tingkat kecocokan ontologi antara model proses bisnis permintaan pengguna dengan model yang telah tersedia di repositori ontologi,
- Menelusuri dan memilih kandidat *semantic web service* dengan taksonomi proses bisnis dan kebutuhan atribut data yang sesuai permintaan pengguna,
- dan melakukan pemeringkatan dan pemilihan *semantic web service* dengan mempertimbangkan tingkat kompleksitas dan variabilitas proses bisnis yang diwakilinya serta kualitas layanan yang dijamin oleh setiap penyedia.

Selanjutnya, hasil implementasi dan pengujian setiap fungsi pendukung dalam sistem dapat dijelaskan dengan lebih detil pada bagian berikut ini.

4.1.1 Komposisi dalam Proses Bisnis PPDB

Proses bisnis PPDB yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini, mencakup empat proses utama yang masing-masing dapat memiliki variasi proses bisnis. Dalam penerapannya, variasi proses ini melibatkan sub-proses yang dapat

dieksekusi pula oleh variasi yang lain dalam kelompok proses yang sama. Jumlah variasi dan sub-proses dari setiap kelompok proses, dapat dijelaskan berikut ini.

1. Proses bisnis Pendataan Siswa (*Student Collection*), dengan 5 model proses bisnis yang dikomposisi dari 2 sub-proses yaitu: proses bisnis pendataan nilai siswa, dan verifikasi siswa domisili dalam kota/kabupaten.
2. Proses bisnis Pra Pendaftaran(*Pre-Registration*), dengan 5 model proses bisnis yang dikomposisi dari 5 sub-proses yaitu: proses bisnis penilaian tes kesehatan, penilaian tes tambahan, penilaian tes ujian masuk, penilaian berbasis prestasi, dan pembobotan nilai berdasarkan domisili siswa.
3. Proses bisnis Pendaftaran(*Registration*), dengan 4 model proses bisnis yang dikomposisi dari 4 sub-proses yaitu: proses bisnis untuk pemilihan sekolah dengan jumlah tidak terbatas, pemilihan sekolah dengan jumlah terbatas, pemilihan sekolah berdasarkan rayonisasi, dan pemilihan sekolah kejuruan.
4. Proses bisnis Seleksi dan Publikasi Hasil (*Student Sorting*), dengan 4 model proses bisnis yang dikomposisi dari 3 sub-proses dengan konfigurasi yang berbeda pada kriteria prioritas batas pagu, kriteria seleksi berdasarkan jalur masuk, dan media publikasi hasil seleksi.

Terdapat total 18 model proses bisnis PPDB yang diamati dalam penelitian ini, yang selanjutnya dianotasikan ke dalam dokumen SAWSDL guna mendeskripsikan proses bisnis yang dapat dieksekusi oleh *web service*. Keterlibatan sub-proses dalam setiap model proses bisnis, turut mempengaruhi jumlah variasi proses yang dapat didukung oleh setiap model. Tabel 4.1 menunjukkan jumlah elemen yang dibutuhkan untuk merepresentasikan model proses bisnis PPDB.

Tabel 4.1 Jumlah Elemen Untuk Setiap Model Proses Bisnis PPDB

Proses Bisnis	START	TASK	AND	OR	XOR	SEQ	END	Total
frag1_PreRegistration	1	7	0	6	4	15	1	34
frag1_Registration	1	9	0	0	11	18	1	40
frag1_Student_Collection	1	18	4	6	12	35	1	77
frag1_Student_Sorting	1	15	2	0	16	29	1	64
frag2_PreRegistration	1	15	0	18	4	30	1	69
frag2_Registration	1	8	0	0	8	15	1	33
frag2_Student_Collection	1	8	0	0	8	15	1	33
frag2_Student_Sorting	1	15	8	0	10	29	1	64

Proses Bisnis	START	TASK	AND	OR	XOR	SEQ	END	Total
frag3_PreRegistration	1	19	0	22	4	37	1	84
frag3_Registration	1	7	0	0	4	11	1	24
frag3_Student_Collection	1	13	0	6	8	24	1	53
frag3_Student_Sorting	1	22	6	0	24	45	1	99
frag4_PreRegistration	1	24	0	22	10	46	1	104
frag4_Registration	1	10	0	0	11	19	1	42
frag4_Student_Collection	1	16	4	6	8	30	1	66
frag4_Student_Sorting	1	24	12	0	24	51	1	113
frag5_PreRegistration	1	28	2	22	12	53	1	119
frag5_Student_Collection	1	7	0	0	4	11	1	24
Total	18	265	38	108	182	513	18	1142

Untuk memudahkan pengamatan, jumlah varian yang dapat dibentuk pada setiap model ditentukan dari maksimum jumlah *sequence flow/edge* untuk setiap elemen *OR-Split* maupun *XOR-Split*. Tabel 4.2 menunjukkan jumlah varian yang dapat dibentuk dari setiap model proses bisnis PPDB.

Tabel 4.2 Jumlah Elemen Untuk Setiap Model Proses Bisnis PPDB

Proses Bisnis	Varian
frag1_PreRegistration	5
frag1_Registration	5
frag1_Student_Collection	9
frag1_Student_Sorting	7
frag2_PreRegistration	11
frag2_Registration	4
frag2_Student_Collection	4
frag2_Student_Sorting	4
frag3_PreRegistration	13
frag3_Registration	2
frag3_Student_Collection	7
frag3_Student_Sorting	12
frag4_PreRegistration	16
frag4_Registration	5
frag4_Student_Collection	7
frag4_Student_Sorting	12
frag5_PreRegistration	16
frag5_Student_Collection	2

4.1.2 Metrik Kompleksitas Proses Bisnis PPDB

Tingkat kompleksitas proses bisnis PPDB diukur dengan menggunakan pendekatan *Control-Flow Complexity* (CFC), yang merupakan agregasi tingkat kompleksitas untuk setiap elemen aliran kontrol (AND, XOR, dan OR) dalam proses bisnis. Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan tingkat kompleksitas setiap proses bisnis PPDB untuk setiap elemen aliran kontrol.

Tabel 4.3 Tingkat Kompleksitas Setiap Model Proses Bisnis PPDB

Proses Bisnis	AND _{CFC}	XOR _{CFC}	OR _{CFC}	Total
frag1_PreRegistration	0	3	7	10
frag1_Registration	0	8	0	8
frag1_Student_Collection	2	9	7	18
frag1_Student_Sorting	1	11	0	12
frag2_PreRegistration	0	3	71	74
frag2_Registration	0	6	0	6
frag2_Student_Collection	0	6	0	6
frag2_Student_Sorting	2	8	0	10
frag3_PreRegistration	0	3	75	78
frag3_Registration	0	3	0	3
frag3_Student_Collection	0	6	7	13
frag3_Student_Sorting	2	13	0	15
frag4_PreRegistration	0	7	75	82
frag4_Registration	0	8	0	8
frag4_Student_Collection	2	6	7	15
frag4_Student_Sorting	3	13	0	16
frag5_PreRegistration	1	9	75	85
frag5_Student_Collection	0	3	0	3

Tingkat kompleksitas tertinggi dapat ditemui pada kelompok proses bisnis Pra-Pendaftaran, mengingat dalam kelompok tersebut memiliki aliran kontrol keputusan *OR-Split* yang lebih banyak. Sub-proses penilaian tes kesehatan memiliki kompleksitas tertinggi (CFC=64), yang memuat aliran kontrol keputusan untuk memilih satu atau lebih jenis tes kesehatan yang dapat menjadi dasar seleksi pemilihan sekolah siswa. Variasi sub-proses tersebut dengan lebih sedikit jenis tes kesehatan yang diputuskan, dapat memberikan tingkat kompleksitas yang lebih rendah pada penerapannya dalam proses bisnis Pra-Pendaftaran PPDB.

4.1.3 Validasi dan Anotasi Ontologi PPDB

Ontologi PPDB disusun dari model proses bisnis BPMN yang telah diekstraksi dan disimpan ke dalam repositori basis data MySQL. Pemanfaatan sistem basis data dapat memudahkan rekonstruksi model proses bisnis secara lebih detil dengan mendekomposisi elemen sub-proses menjadi rangkaian proses bisnis yang lebih lengkap. Proses dekomposisi sub-proses diperlukan supaya pencocokan ontologi dapat dilakukan hingga elemen proses bisnis yang paling mendasar.

Untuk menjamin ontologi yang dihasilkan memiliki kompatibilitas dengan format OWL yang baku, semua ontologi PPDB melewati tahap validasi menggunakan perangkat validator OWL yaitu *Vowlidator* versi 20050526 yang dikembangkan oleh Jeremy Lerner (SemWebCentral). Hasil validasi tersebut menunjukkan perangkat penyusun ontologi PPDB dapat bekerja dengan baik dengan tidak ditemukannya kesalahan (*error*) yang ditemukan oleh *Vowlidator*. Tabel 4.4 menunjukkan hasil temuan aplikasi *Vowlidator* saat melakukan validasi profil OWL pada ontologi PPDB yang telah disusun.

Tabel 4.4 Hasil Validasi Ontologi PPDB dengan *Vowlidator*

Proses Bisnis	Information	Warning	Error
frag1_PreRegistration	2	43	0
frag1_Registration	2	29	0
frag1_Student_Collection	2	1	0
frag1_Student_Sorting	2	1	0
frag2_PreRegistration	2	1	0
frag2_Registration	2	39	0
frag2_Student_Collection	2	40	0
frag2_Student_Sorting	2	1	0
frag3_PreRegistration	2	1	0
frag3_Registration	2	46	0
frag3_Student_Collection	2	10	0
frag3_Student_Sorting	2	1	0
frag4_PreRegistration	2	1	0
frag4_Registration	2	25	0
frag4_Student_Collection	2	1	0
frag4_Student_Sorting	2	1	0
frag5_PreRegistration	2	1	0
frag5_Student_Collection	2	46	0

Selanjutnya, hasil penyusunan ontologi PPDB dapat digunakan oleh penyedia untuk dapat dianotasikan pada dokumen SAWSDL dalam mendeskripsikan *web service* yang ditawarkan. Dalam penelitian ini, proses anotasi ontologi pada dokumen SAWSDL masih dilakukan secara manual menggunakan pendekatan *modelReference*. Caranya adalah dengan menempatkan informasi URI dari ontologi proses bisnis PPDB pada elemen *portType* dari deskripsi *web service*. Untuk memastikan proses anotasi sudah sesuai, dokumen SAWSDL telah divalidasi dengan perangkat *XML validator* (*XMLStarlet* dan *WSDL Analyzer*). Gambar 4.1 menunjukkan hasil validasi *WSDL Analyzer* pada salah satu dokumen SAWSDL yang telah dianotasikan dengan informasi URI dari ontologi PPDB dengan startegi *modelReference*.

WSDL Analyzer: Student_CollectionService (Version 1)

Versions

Version	Uploaded	Compare version 1 with...
1	3/23/16 7:46 AM	

[+ Upload other version](#) of this WSDL document and compare the modifications.

Report Summary

WSDL Structure: OK
Score: 92 Beta
WSDL: 0 Errors, 0 Warnings, 2 Hints
[Show detailed report](#)

TargetNamespace

NamespaceURI: http://uddi.semantic-ppdb.org/sawSDL/student_collection_ws166# OK
Naming: OK

Referenced Schemas

Namespace
http://uddi.semantic-ppdb.org/sawSDL/student_collection_ws166# Embedded

PortType: Student_Collection

Documentation: HINT
-

Test	Result
WSDL	
WSDL Order	OK
Documentation	HINT
TargetNamespace	
Uniqueness	OK
WSDL Default Namespace	OK
Schema	
Context	OK
Consistency of Top-Level Element Names	OK
Consistency of Top-Level ComplexType Names	OK
Consistency of Top-Level SimpleType Names	OK
Message	
Descriptive Part Names	OK
PortType	
Documentation	HINT
Operation	
Maximum Number of Operations	OK
Consistency of Operation Names	OK
Uniqueness of Operation Names	OK

Operation	Input	Output	Faults
executeStudent_Collection	Student_CollectionRequestMessage	Student_CollectionResponseMessage	

Number of Operations: 1 OK
Naming of Operations: OK

Gambar 4.1 Hasil validasi *WSDL Analyzer* pada Salah Satu *Semantic Web Service* Pendataan Siswa.

4.1.4 Hasil Penelusuran dan Pencocokan *Semantic Web Service* PPDB

Pengujian sistem untuk penelusuran dan pencocokan *semantic web service*, dilakukan dengan menyediakan 153 permintaan *web service* dari 16 model proses yang berbeda dengan yang telah tersedia dalam repositori. Dari kombinasi 18 model proses bisnis PPDB dengan ketersediaan atribut data masukan dan keluaran *web service* setiap model, repositori FUSION *Semantic Registry* dapat ditelusuri hingga 114 *semantic web service* yang berbeda dan terbagi dalam 4 proses utama dengan komposisi masing-masing sebagai berikut: 45 jenis layanan untuk proses pendataan siswa, 45 jenis layanan untuk proses pra-pendaftaran, 16 jenis layanan untuk proses pendaftaran, dan 8 jenis layanan untuk proses seleksi dan publikasi hasil PPDB. Tabel 4.5 menunjukkan nilai maksimum dan minimum yang diharapkan dari hasil pencocokan ontologi proses bisnis antara permintaan pengguna dan repositori dengan prosentase minimum kecocokan mulai dari 70%, 80%, hingga 90%.

Tabel 4.5 Nilai Kecocokan Ontologi Proses Bisnis Untuk Setiap Permintaan

No.	Permintaan Proses Bisnis	Maksimum Kecocokan	Minimum Kecocokan		
			70%	80%	90%
1.	../request/req1_PreRegistration.owl	75	52.5	60	67.5
2.	../request/req1_Registration.owl	99	69.3	79.2	89.1
3.	../request/req1_Student_Collection.owl	99	69.3	79.2	89.1
4.	../request/req1_Student_Sorting.owl	125	87.5	100	112.5
5.	../request/req2_PreRegistration.owl	75	52.5	60	67.5
6.	../request/req2_Registration.owl	89	62.3	71.2	80.1
7.	../request/req2_Student_Collection.owl	70	49	56	63
8.	../request/req2_Student_Sorting.owl	127	88.9	101.6	114.3
9.	../request/req3_PreRegistration.owl	124	86.8	99.2	111.6
10.	../request/req3_Registration.owl	74	51.8	59.2	66.6
11.	../request/req3_Student_Collection.owl	104	72.8	83.2	93.6
12.	../request/req4_PreRegistration.owl	127	88.9	101.6	114.3
13.	../request/req4_Student_Collection.owl	86	60.2	68.8	77.4
14.	../request/req4_Student_Sorting.owl	192	134.4	153.6	172.8
15.	../request/req5_PreRegistration.owl	131	91.7	104.8	117.9
16.	../request/req5_Student_Collection.owl	52	36.4	41.6	46.8

Dari hasil pengamatan, ditetapkan untuk menggunakan batas minimum kecocokan ontologi proses bisnis sebesar 90% dengan harapan tingkat akurasi kandidat *semantic web service* yang terpilih dapat lebih tinggi. Selanjutnya,

dilakukan pemeriksaan manual pada rekomendasi deskripsi *semantic web service* yang dihasilkan dari pencocokan ontologi proses bisnis beserta kebutuhan atribut data masukan dan luaran *web service*. Hasil pemeriksaan manual tersebut, secara detil dapat diamati pada bagian Lampiran di Tabel 1, 2, 3, dan 4 untuk setiap kelompok proses bisnis PPDB. Penilaian pakar secara manual ini membantu dalam mengukur tingkat akurasi dan kepresisian informasi *semantic web service* yang direkomendasikan oleh sistem.

4.1.5 Hasil Pemeringkatan *Semantic Web Service* PPDB

Metode pemeringkatan *semantic web service* yang diterapkan adalah gabungan metode pengambilan keputusan multi-kriteria Fuzzy AHP dan TOPSIS. Fuzzy AHP digunakan untuk mendapatkan nilai pembobotan atau prioritas untuk masing-masing kriteria pemeringkatan *web service*. Sedangkan TOPSIS digunakan dalam menentukan keputusan akhir peringkat *web service* yang dapat memenuhi permintaan pengguna untuk tingkat kompleksitas, variabilitas, biaya, kapasitas, dan *latency* dari layanan.

Untuk menentukan nilai pembobotan bagi masing-masing kriteria pemeringkatan, maka dihitung nilai *syntetic extend* untuk masing-kriteria pada tiga parameter dalam fungsi keanggotaan fuzzy. Hasilnya seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai *Syntetic Extend* Untuk Setiap Kriteria Pada Parameter Fuzzy AHP

<i>Synthetic Extend</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>u</i>
S(C)	0.096	0.186	0.361
S(V)	0.17	0.305	0.506
S(Cs)	0.122	0.234	0.434
S(Cp)	0.08	0.15	0.297
S(Lt)	0.075	0.126	0.244

Dari Tabel 4.6 dapat ditetapkan vektor pembobotan untuk kriteria dalam Fuzzy AHP menjadi $W' = (0.615, 1.000, 0.786, 0.45, 0.292)^T$. Sehingga normalisasi pada vektor pembobotan menghasilkan nilai bobot untuk masing-masing kriteria pemeringkatan sebagai berikut:

- Kompleksitas (C) = 0.196,
- Variabilitas (V) = 0.318,
- Biaya (Cs) = 0.25,
- Kapasitas (Cp) = 0.143,
- dan *Latency* (Lt) = 0.093.

Konsistensi penilaian yang diberikan untuk perbandingan berpasangan pada kriteria pemeringkatan, diukur dengan menggunakan *consistency ratio* (CR). Hasil perhitungan CR sebesar **0.014** (dibawah 0.1) menunjukkan bahwa penilaian kriteria telah konsisten.

Pada tahap penentuan peringkat alternatif *semantic web service* yang ditawarkan oleh penyedia, diterapkan metode TOPSIS dengan terlebih dahulu menetapkan nilai *Positive Ideal Solution* (PIS) dan *Negative Ideal Solution* (NIS). Tabel 4.7 menunjukkan nilai solusi ideal positif dan negatif untuk setiap kriteria pemeringkatan. Selanjutnya, dapat dihitung nilai *separation measure* yang merupakan hasil pengukuran jarak dari suatu alternatif *web service* ke solusi ideal positif dan solusi ideal negatif di setiap atribut kualitas (QoS) dari *web service* yang ditawarkan oleh penyedia.

Tabel 4.7 Nilai Ideal Positif dan Nilai Ideal Negatif Setiap Kriteria Pemeringkatan

Kriteria	PIS	NIS
Kompleksitas (C)	0.086	0.127
Variabilitas (V)	0.221	0.04
Biaya (Cs)	0.025	0.136
Kapasitas (Cp)	0.064	0.064
<i>Latency</i> (Lt)	0.042	0.042

Indeks kinerja dihitung berdasarkan nilai koefisien kedekatan untuk setiap alternatif *web service*. Nilai indeks ini menjadi dasar untuk memberikan peringkat pada setiap alternatif, dimana nilai indeks tertinggi merupakan pilihan terbaik *web service* yang direkomendasikan paling sesuai dengan kualitas layanan yang diharapkan oleh pengguna. Tabel 4.8 menunjukkan hasil pemilihan *semantic web service* dengan peringkat tertinggi untuk masing-masing permintaan proses bisnis dan kebutuhan atribut data yang dibutuhkan pengguna.

Tabel 4.8 Hasil Pemeringkatan *Semantic Web Service* Dengan Kecocokan Ontologi Diatas 90%

uriOfRequest	categoryAnnotationURI	Min(90)	Service Index	Service Total	Expert
../req1_PreRegistration.owl	../frag4_PreRegistration.owl	67.5	0.821504561	3	TRUE
../req2_PreRegistration.owl	../frag4_PreRegistration.owl	67.5	0.821504561	3	TRUE
../req3_PreRegistration.owl	../frag4_PreRegistration.owl	111.6	0.821504561	3	TRUE
../req4_PreRegistration.owl	../frag4_PreRegistration.owl	114.3	0.821504561	3	TRUE
../req5_PreRegistration.owl	../frag4_PreRegistration.owl	117.9	0.821504561	3	TRUE
../req3_Registration.owl	../frag4_Student_Sorting.owl	66.6	0.762577598	15	FALSE
../req1_Student_Sorting.owl	../frag3_Student_Sorting.owl	112.5	0.717588301	16	TRUE
../req2_Student_Sorting.owl	../frag3_Student_Sorting.owl	114.3	0.717588301	16	TRUE
../req4_Student_Sorting.owl	../frag3_Student_Sorting.owl	172.8	0.717588301	16	TRUE
../req1_Registration.owl	../frag2_Registration.owl	89.1	0.647083656	4	TRUE
../req2_Registration.owl	../frag2_Registration.owl	80.1	0.647083656	4	TRUE
../req2_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	63	0.563151321	70	TRUE
../req4_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	77.4	0.563151321	70	TRUE
../req5_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	46.8	0.563151321	70	TRUE
../req1_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	89.1	0.554965558	58	TRUE
../req3_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	93.6	0.554965558	58	TRUE
../req1_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	89.1	0.554194301	17	TRUE
../req2_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	63	0.554194301	17	TRUE
../req3_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	93.6	0.554194301	17	TRUE
../req4_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	77.4	0.554194301	17	TRUE
../req5_Student_Collection.owl	../frag3_Student_Collection.owl	46.8	0.554194301	17	TRUE

4.2 Pembahasan

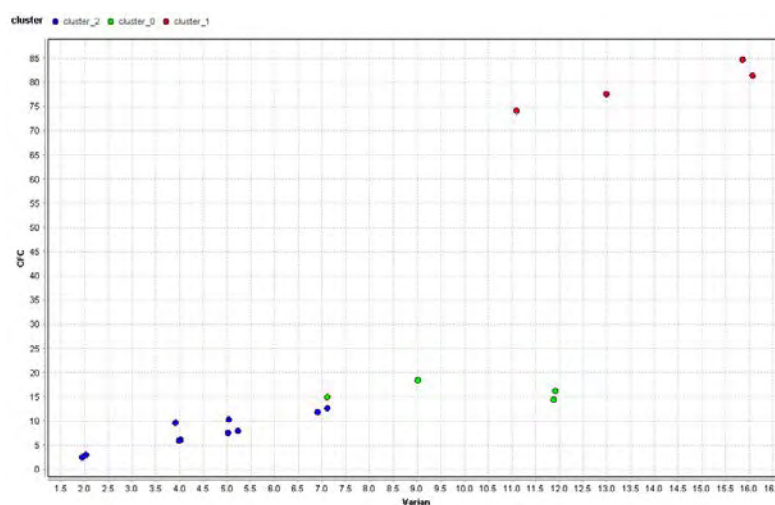
4.2.1 Tarik Ulur Kompleksitas dan Variabilitas Proses Bisnis

Dari penelitian ini, dapat diamati bahwa penyedia layanan dengan varian yang lebih dan kompleksitas yang lebih rendah cenderung untuk mendapatkan prioritas peringkat tertinggi dalam pemilihan layanan. Provider dengan proses umum yang paling sederhana harus mengakomodasi kompleksitas yang lebih rendah daripada penyedia lain mendapatkan dengan jumlah yang sama dari varian proses. Pada penelitian ini, ditetapkan ada 18 proses bisnis PPDB yang diamati dan terbagi dalam 3 kelompok berdasarkan skala kompleksitas dan variabilitas yang dimilikinya. Pengelompokan bisnis proses ini berdasarkan hasil penambangan data (*data mining*) dengan menggunakan algoritma *Kernel K-Mean* dengan parameter *kernel polynomial*, nilai *degree*=3, dan nilai *shift*=1 melalui alat bantu *RapidMiner*.

Tabel 4.9 menunjukkan hasil klasterisasi bisnis proses PPDB menggunakan algoritma *Kernel K-Means*. Hasil pengelompokan yang terbentuk, digunakan untuk memberi skala pada ke-18 proses bisnis yang sedang diamati.

Tabel 4.9 Hasil Klasterisasi Bisnis Proses PPDB Berdasarkan Jumlah Variasi dan Tingkat Kompleksitas

Variasi Bisnis Proses	Bisnis Proses	Varian	CFC	Cluster	Skala
frag4_Student_Collection	Student_Collection	7	15	cluster_0	Sedang
frag1_Student_Collection	Student_Collection	9	18	cluster_0	Sedang
frag3_Student_Sorting	Student_Sorting	12	15	cluster_0	Sedang
frag4_Student_Sorting	Student_Sorting	12	16	cluster_0	Sedang
frag2_PreRegistration	PreRegistration	11	74	cluster_1	Tinggi
frag3_PreRegistration	PreRegistration	13	78	cluster_1	Tinggi
frag4_PreRegistration	PreRegistration	16	82	cluster_1	Tinggi
frag5_PreRegistration	PreRegistration	16	85	cluster_1	Tinggi
frag1_PreRegistration	PreRegistration	5	10	cluster_2	Rendah
frag3_Registration	Registration	2	3	cluster_2	Rendah
frag2_Registration	Registration	4	6	cluster_2	Rendah
frag1_Registration	Registration	5	8	cluster_2	Rendah
frag4_Registration	Registration	5	8	cluster_2	Rendah
frag5_Student_Collection	Student_Collection	2	3	cluster_2	Rendah
frag2_Student_Collection	Student_Collection	4	6	cluster_2	Rendah
frag3_Student_Collection	Student_Collection	7	13	cluster_2	Rendah
frag2_Student_Sorting	Student_Sorting	4	10	cluster_2	Rendah
frag1_Student_Sorting	Student_Sorting	7	12	cluster_2	Rendah



Gambar 4.2 Plot Klasterisasi Bisnis Proses PPDB Hasil Dari *Data Mining*

Komposisi empat proses bisnis utama (*student collection*, *pre-registration*, *registration*, dan *student sorting*) pada layanan PPDB dapat disusun dari ke-18 proses bisnis yang diamati yang memiliki tingkat variasi dan kompleksitas masing-masing. Untuk mengamati tingkat perubahan kompleksitas pada skala yang berbeda, komposisi pada proses bisnis *pre-registration* adalah dinamis sedangkan proses lainnya dipilih yang memiliki tingkat variasi proses yang terendah dan terbanyak untuk proses *student collection*, *registration*, dan *student sorting*. Sesuai Tabel 4.9, proses bisnis *PreRegistration* terbagi dalam kelompok skala Rendah dan Tinggi. Oleh karena itu fokus pengamatan dilakukan pada dampak penempatan bisnis proses *PreRegistration* pada komposisi keempat proses bisnis dalam PPDB. Tabel 4.10 menunjukkan beragam komposisi empat proses bisnis utama PPDB yang disusun dari kelompok proses bisnis dengan jumlah varian yang terendah dan yang terbanyak untuk selanjutnya diamati tingkat perubahan kompleksitas dari hasil komposisinya.

Tabel 4.10 Komposisi Proses Bisnis PPDB Dengan Jumlah Variasi Proses Yang Terendah dan Terbanyak

Komposisi Dengan Jumlah Variasi Terendah	
ID	Komposisi Proses Bisnis
min1_PPDB	frag5_Student_Collection>frag1_PreRegistration>frag3_Registration>frag2_Student_Sorting
min2_PPDB	frag5_Student_Collection>frag2_PreRegistration>frag3_Registration>frag2_Student_Sorting
min3_PPDB	frag5_Student_Collection>frag3_PreRegistration>frag3_Registration>frag2_Student_Sorting
min4_PPDB	frag5_Student_Collection>frag4_PreRegistration>frag3_Registration>frag2_Student_Sorting
min5_PPDB	frag5_Student_Collection>frag5_PreRegistration>frag3_Registration>frag2_Student_Sorting
Komposisi Dengan Jumlah Variasi Terbanyak	
ID	Komposisi Proses Bisnis
max1_PPDB	frag1_Student_Collection>frag1_PreRegistration>frag1_Registration>frag4_Student_Sorting
max2_PPDB	frag1_Student_Collection>frag2_PreRegistration>frag1_Registration>frag4_Student_Sorting
max3_PPDB	frag1_Student_Collection>frag3_PreRegistration>frag1_Registration>frag4_Student_Sorting
max4_PPDB	frag1_Student_Collection>frag4_PreRegistration>frag1_Registration>frag4_Student_Sorting
max5_PPDB	frag1_Student_Collection>frag5_PreRegistration>frag1_Registration>frag4_Student_Sorting

Komposisi proses bisnis ini memunculkan tingkat kompleksitas yang berbeda seiring dengan jumlah varian proses yang dapat didukung oleh setiap komposisi. Tingkat kompleksitas pada hasil komposisi ini dihitung dengan cara

menjumlahkan tingkat kompleksitas dari masing-masing proses bisnis yang menyusunnya. Tabel 4.11 menunjukkan perubahan tingkat kompleksitas hasil komposisi pada proses bisnis *pre-registration* dengan proses bisnis lain yang memiliki jumlah varian proses terendah, sedangkan pada bagian lain di Tabel 4.12 menunjukkan perubahan tingkat kompleksitas hasil komposisi pada proses bisnis *pre-registration* dengan jumlah varian proses terbanyak.

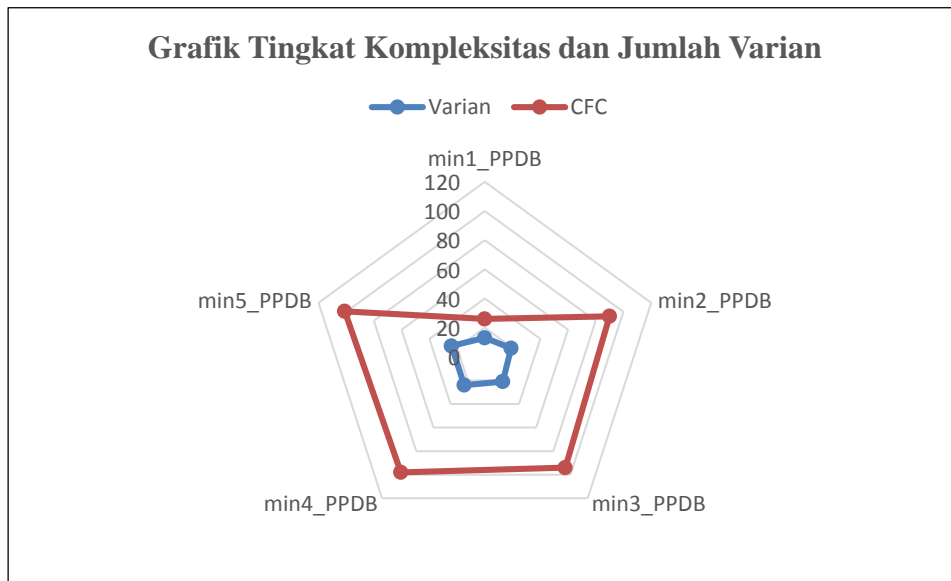
Tabel 4.11 Perubahan Tingkat Kompleksitas Dengan Komposisi Varian Terendah.

Proses Bisnis	Varian Komposisi	CFC Komposisi
min1_PPDB	13	26
min2_PPDB	19	90
min3_PPDB	21	94
min4_PPDB	24	98
min5_PPDB	24	101

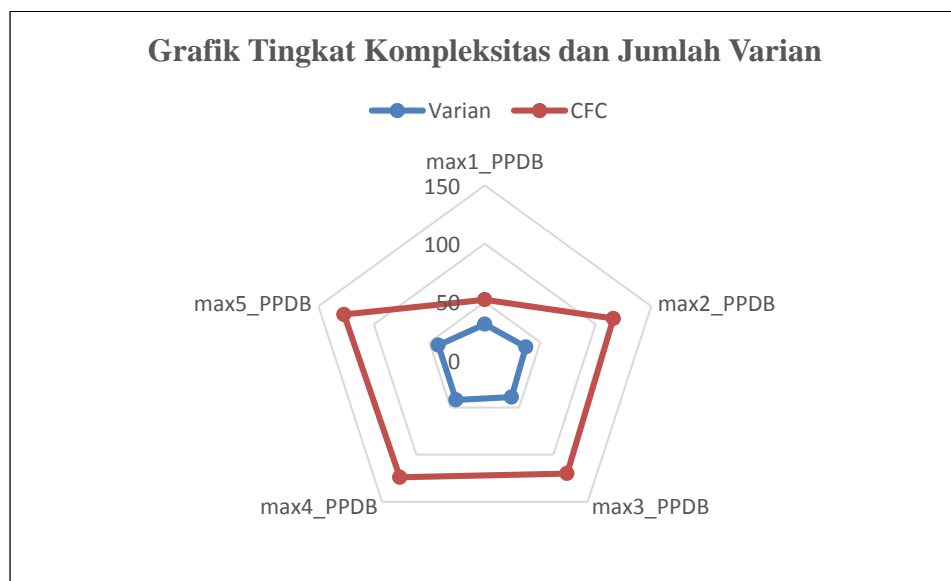
Tabel 4.12 Perubahan Tingkat Kompleksitas Dengan Komposisi Varian Terbanyak.

Proses Bisnis	Varian Komposisi	CFC Komposisi
max1_PPDB	31	52
max2_PPDB	37	116
max3_PPDB	39	120
max4_PPDB	42	124
max5_PPDB	42	127

Untuk memudahkan pengamatan, Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 divisualisasikan dalam bentuk grafik radar untuk mengenali pola perubahan tingkat kompleksitas proses bisnis yang terlibat dengan komposisi yang disusun dari proses bisnis dengan jumlah varian terendah dan terbanyak. Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan pola korelasi jumlah variasi terendah dan terbanyak pada tingkat kompleksitas komposisi proses bisnis PPDB yang dihasilkan. Pengguna yang menginginkan variasi yang lebih banyak pada komposisi *student collection*, *pre-registration*, *registration*, dan *student collection* akan berhadapan dengan tingkat kompleksitas komposisi yang lebih tinggi.



Gambar 4.3 Grafik Perubahan Kompleksitas Dengan Varian Terendah



Gambar 4.4 Grafik Perubahan Kompleksitas Dengan Varian Terbanyak

Tabel 4.13 menunjukkan hasil pemeringkatan alternatif *semantic web service* untuk suatu permintaan proses bisnis pendataan siswa dari pengguna. Penerapan metode Fuzzy AHP+TOPSIS telah terbukti menjadi solusi pemilihan *semantic web service* yang mempertimbangkan tarik ulur antara tingkat kompleksitas dan variabilitas proses bisnis yang dapat dijalankan oleh *web service* yang mewakilinya.

Tabel 4.13 Hasil Pemeringkatan *Semantic Web Service* Untuk Suatu Permintaan Proses Bisnis Pendataan Siswa Dari Pengguna

Model	Rank	Provider	C	A	Cs	Cp	Lt
frag3_Student_Colleccion	1	SP#1	13	7	15000	200	15
frag1_Student_Collection	2	SP#1	18	9	15000	200	15
frag1_Student_Collection	3	SP#2	18	9	20000	250	20
frag3_Student_Collection	4	SP#2	13	7	20000	250	20
frag2_Student_Collection	5	SP#1	6	4	15000	200	15
frag2_Student_Collection	6	SP#2	6	4	20000	250	20
frag4_Student_Collection	7	SP#1	15	7	15000	200	15
frag4_Student_Collection	8	SP#2	15	7	20000	250	20

Kedua penyedia memiliki proses bisnis pendataan siswa dengan empat atribut yang berbeda. Tawaran terbaik disampaikan oleh Penyedia1 (*frag3_Student_Collection*) dengan kompleksitas, variabilitas, biaya, kapasitas, dan *latency* yang lebih baik daripada yang lain. Meskipun Penyedia1 memiliki fragmen proses bisnis lain untuk ditawarkan, tapi itu lebih kompleks atau kurang varian. Fragmen proses bisnis yang sama diusulkan oleh Penyedia2, tapi tidak cukup baik untuk mengatasi *frag1_Student_Collection* dari Penyedia1 dengan biaya dan kualitas *latency* yang lebih rendah. Dengan demikian, penyedia harus memprioritaskan untuk memberikan layanan dengan variabilitas yang lebih tinggi (lebih banyak varian dalam proses bisnis di *composite web service* yang ditawarkan). Seiring dengan itu, menjaga tingkat kompleksitas proses bisnis serendah mungkin (misal dengan membatasi aliran kontrol keputusan). Untuk bersaing dengan penyedia lain, QoS ditingkatkan dengan biaya yang lebih rendah, kapasitas yang lebih tinggi, dan kualitas *latency* layanan yang lebih baik.

4.2.2 Kinerja Metode Fuzzy AHP+TOPSIS pada Pemeringkatan dan Pemilihan *Semantic Web Service*

Kami mengevaluasi kinerja sistem dengan menggunakan *precision*, *recall*, dan *f-measure* sebagai metrik. Kami menetapkan nilai presisi dengan jumlah *web service* yang dipilih dengan benar dari permintaan yang diberikan dibagi dengan jumlah total layanan diambil oleh sistem. Nilai *recall* dihitung dengan

jumlah *web service* yang dipilih dengan benar dibagi dengan jumlah total layanan milik permintaan ini. Pada saat yang sama, menghitung f-measure, yang merupakan nilai rerata harmonik dari *precision* dan *recall*. Kami membandingkan hasil prediksi dari sistem dan hasil yang sebenarnya dari pakar. Kemudian mengkategorikannya untuk membentuk matriks perbandingan guna mengevaluasi kinerja sistem menggunakan analisa *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Tabel 4.14 menunjukkan matriks perbandingan untuk mengevaluasi hasil kinerja sistem yang diperoleh dari 153 data permintaan *semantic web-service*.

Tabel 4.14 Matriks Perbandingan Untuk Pengukuran Kinerja Sistem

		Kondisi Prediksi	
		Positif	Negatif
Kondisi Sebenarnya	Positif	84	10
	Negatif	8	51

Seperti ditunjukkan dalam Tabel 4.15, kami memperoleh tingkat kepresisian hingga 91.3% dan sensitivitas atau *recall* mencapai 89.4%. Dengan demikian, rata-rata harmonik *precision* dan *recall* adalah 0.903. Dari analisa ROC, kami juga mendapatkan tingkat akurasi hingga 88.2%.

Tabel 4.15 Hasil Pengukuran Kinerja Sistem Dengan Analisa ROC

Pengukuran Statistik	Formula	Nilai
<i>sensitivity / true positive rate (TPR)</i>	$TP/(TP+FN)$	0.893617021
<i>specificity (SPC) / true negative rate (TNR)</i>	$TN/(FP+TN)$	0.86440678
<i>precision / positive predictive value (PPV)</i>	$TP/(TP+FP)$	0.913043478
<i>negative predictive value (NPV)</i>	$TN/(FN+TN)$	0.836065574
<i>fall-out / false positive rate (FPR)</i>	1-SPC	0.13559322
<i>false discovery rate (FDR)</i>	1-PPV	0.086956522
<i>miss rate / false negative rate (FNR)</i>	$FN/(FN+TP)$	0.106382979
<i>accuracy (ACC)</i>	$TP+TN/(P+N)$	0.882352941
<i>F1 score</i>	$(2TP)/(2TP+FP+FN)$	0.903225806

LAMPIRAN

Tabel 1. Hasil Pengujian Pemilihan *Semantic Web Service* untuk Proses Bisnis Kelompok Pendataan Siswa

uriOfRequest	DataInput	DataOutput	System	Expert
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollC	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollC	FALSE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollB	FALSE	TRUE
http://../req1_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollC	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollC	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollC	FALSE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollB	FALSE	TRUE
http://../req2_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollC	TRUE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollC	TRUE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollC	FALSE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollB	FALSE	TRUE
http://../req3_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollC	TRUE	TRUE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollC	TRUE	FALSE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollB	TRUE	FALSE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollC	FALSE	TRUE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollB	FALSE	TRUE

uriOfRequest	DataInput	DataOutput	System	Expert
http://../req4_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollC	TRUE	FALSE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollB	TRUE	TRUE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollA	OutCollC	TRUE	FALSE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollB	TRUE	FALSE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollB	OutCollC	FALSE	TRUE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollA	TRUE	TRUE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollB	FALSE	TRUE
http://../req5_Student_Collection.owl	InCollC	OutCollC	TRUE	FALSE
http://../req5_Student_Collection.owl	InPreA	OutPreA	FALSE	FALSE
http://../req2_Student_Collection.owl	InPreA	OutPreB	FALSE	FALSE
http://../req4_Student_Collection.owl	InPreA	OutPreC	FALSE	FALSE
http://../req1_Student_Collection.owl	InPreB	OutPreA	FALSE	FALSE
http://../req3_Student_Collection.owl	InPreB	OutPreB	FALSE	FALSE
http://../req5_Student_Collection.owl	InPreB	OutPreC	FALSE	FALSE
http://../req2_Student_Collection.owl	InPreC	OutPreA	FALSE	FALSE
http://../req4_Student_Collection.owl	InPreC	OutPreB	FALSE	FALSE
http://../req1_Student_Collection.owl	InPreC	OutPreC	FALSE	FALSE
http://../req3_Student_Collection.owl	InRegA	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req5_Student_Collection.owl	InRegA	OutRegB	FALSE	FALSE
http://../req2_Student_Collection.owl	InRegB	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req4_Student_Collection.owl	InRegB	OutRegB	FALSE	FALSE
http://../req4_Student_Collection.owl	InSortA	OutSortA	FALSE	FALSE
http://../req1_Student_Collection.owl	InSortB	OutSortA	FALSE	FALSE
http://../req3_Student_Collection.owl	InSortA	OutSortA	FALSE	FALSE
http://../req5_Student_Collection.owl	InSortB	OutSortA	FALSE	FALSE

Tabel 2. Hasil Pengujian Pemilihan *Semantic Web Service* untuk Proses Bisnis Kelompok Pra-Pendaftaran

uriOfRequest	DataInput	DataOutput	System	Expert
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreB	TRUE	TRUE

uriOfRequest	DataInput	DataOutput	System	Expert
http://../req1_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req2_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req3_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req4_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreA	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreB	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreA	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreB	TRUE	TRUE
http://../req5_PreRegistration.owl	InPreC	OutPreC	TRUE	TRUE
http://../req1_PreRegistration.owl	InCollA	OutCollA	FALSE	FALSE
http://../req3_PreRegistration.owl	InCollA	OutCollB	FALSE	FALSE
http://../req5_PreRegistration.owl	InCollA	OutCollC	FALSE	FALSE
http://../req2_PreRegistration.owl	InCollB	OutCollA	FALSE	FALSE

uriOfRequest	DataInput	DataOutput	System	Expert
http://../req4_PreRegistration.owl	InCollB	OutCollB	FALSE	FALSE
http://../req1_PreRegistration.owl	InCollB	OutCollC	FALSE	FALSE
http://../req3_PreRegistration.owl	InCollC	OutCollA	FALSE	FALSE
http://../req5_PreRegistration.owl	InCollC	OutCollB	FALSE	FALSE
http://../req2_PreRegistration.owl	InCollC	OutCollC	FALSE	FALSE
http://../req1_PreRegistration.owl	InSortA	OutSortA	FALSE	FALSE
http://../req3_PreRegistration.owl	InSortB	OutSortA	FALSE	FALSE
http://../req5_PreRegistration.owl	InSortA	OutSortA	FALSE	FALSE
http://../req2_PreRegistration.owl	InSortB	OutSortA	FALSE	FALSE

Tabel 3. Hasil Pengujian Pemilihan *Semantic Web Service* untuk Proses Bisnis Kelompok Pendaftaran

uriOfRequest	DataInput	DataOutput	System	Expert
http://../req1_Registration.owl	InRegA	OutRegA	TRUE	TRUE
http://../req1_Registration.owl	InRegA	OutRegB	TRUE	TRUE
http://../req1_Registration.owl	InRegB	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req1_Registration.owl	InRegB	OutRegB	FALSE	FALSE
http://../req2_Registration.owl	InRegA	OutRegA	TRUE	TRUE
http://../req2_Registration.owl	InRegA	OutRegB	TRUE	TRUE
http://../req2_Registration.owl	InRegB	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req2_Registration.owl	InRegB	OutRegB	FALSE	FALSE
http://../req3_Registration.owl	InRegA	OutRegA	TRUE	FALSE
http://../req3_Registration.owl	InRegA	OutRegB	TRUE	FALSE
http://../req3_Registration.owl	InRegB	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req3_Registration.owl	InRegB	OutRegB	FALSE	FALSE
http://../req1_Registration.owl	InPreA	OutPreA	FALSE	FALSE
http://../req1_Registration.owl	InPreA	OutPreB	FALSE	FALSE
http://../req1_Registration.owl	InPreA	OutPreC	FALSE	FALSE
http://../req1_Registration.owl	InPreB	OutPreA	FALSE	FALSE
http://../req2_Registration.owl	InPreB	OutPreB	FALSE	FALSE
http://../req2_Registration.owl	InPreB	OutPreC	FALSE	FALSE
http://../req2_Registration.owl	InPreC	OutPreA	FALSE	FALSE
http://../req2_Registration.owl	InPreC	OutPreB	FALSE	FALSE
http://../req3_Registration.owl	InPreC	OutPreC	FALSE	FALSE

Tabel 4. Hasil Pengujian Pemilihan *Semantic Web Service* untuk Proses Bisnis Kelompok Seleksi dan Publikasi Hasil

uriOfRequest	DataInput	DataOutput	System	Expert
http://../req1_Student_Sorting.owl	InSortA	OutSortA	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Sorting.owl	InSortB	OutSortA	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Sorting.owl	InSortA	OutSortA	TRUE	TRUE
http://../req2_Student_Sorting.owl	InSortB	OutSortA	TRUE	TRUE
http://../req4_Student_Sorting.owl	InSortA	OutSortA	TRUE	TRUE
http://../req4_Student_Sorting.owl	InSortB	OutSortA	TRUE	TRUE
http://../req1_Student_Sorting.owl	InRegA	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req1_Student_Sorting.owl	InRegA	OutRegB	FALSE	FALSE
http://../req2_Student_Sorting.owl	InRegB	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req2_Student_Sorting.owl	InRegB	OutRegB	FALSE	FALSE
http://../req4_Student_Sorting.owl	InRegA	OutRegA	FALSE	FALSE
http://../req4_Student_Sorting.owl	InRegA	OutRegB	FALSE	FALSE

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian pengolahan data dan analisa yang dilakukan pada penelitian/tesis ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Preferensi pengguna yang memuat kebutuhan proses bisnis, parameter masukan dan luaran, serta kualitas (QoS) dari *web service* yang diharapkan, dapat dibandingkan dengan deskripsi *web service* yang disediakan oleh penyedia. Deskripsi tersebut dikemas dalam bentuk informasi semantik untuk dianotasikan dalam dokumen SAWSDL (*Semantic Annotation for WSDL*). Dengan menggunakan arsitektur *FUSION Semantic Service Registry*, telah terbukti dapat diterapkan untuk mempublikasikan dan menelusuri informasi semantik yang telah dianotasikan oleh penyedia layanan pada dokumen SAWSDL.
2. Untuk dapat mendeskripsikan model proses bisnis dalam bentuk informasi semantik, maka diperlukan perangkat sistem yang dapat menyusun model proses bisnis dalam bentuk ontologi dari model awalnya BPMN. Perangkat sistem penyusun tersebut berhasil mentransformasi model proses bisnis PPDB untuk dapat dianotasikan pada SAWSDL. Proses validasi ontologi menunjukkan bahwa hasil penyusunan ontologi dari repositori BPMN telah sesuai dengan standar profil OWL. Proses validasi juga dilakukan pada dokumen SAWSDL yang telah dianotasikan dengan ontologi PPDB dan menunjukkan hasil yang diharapkan. Proses validasi SAWSDL juga dibuktikan dengan keberhasilan publikasi *semantic web service* tersebut melalui *FUSION API* ke server UDDI dan melakukan kueri pada *web service* yang dimaksud.
3. Masalah tarik ulur antara kompleksitas dan variabilitas proses bisnis muncul sebagai akibat komposisi yang menempatkan proses bisnis dengan jumlah variasi yang beragam dan dapat menghasilkan kompleksitas yang berkorelasi. Bila diinginkan proses bisnis yang mendukung banyak variasi proses, maka berakibat pada meningkatnya kompleksitas dari komposisi yang dihasilkan.

Namun untuk menurunkan kompleksitas, pengguna akan mengorbankan jumlah varian proses bisnis yang dapat didukung menjadi lebih sedikit. Dengan mempertimbangkan pula kualitas layanan (biaya, kapasitas, dan *latency*), dipilih metode pengambilan keputusan multi-kriteria hibrid yaitu *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *TOPSIS* untuk menyelesaikan kendala tarik ulur dalam pemilihan *semantic web service* sesuai dengan prioritas pemenuhan kebutuhan dari pengguna.

4. Hasil pengolahan pada data pengujian sistem menunjukkan gabungan Fuzzy AHP dan TOPSIS dapat menetapkan peringkat pada daftar *web service* yang memiliki kesesuaian dengan preferensi pengguna berdasarkan aspek kriteria seleksi yang telah ditetapkan. Penerapan metode Fuzzy AHP+TOPSIS telah terbukti menjadi solusi pemilihan *semantic web service* yang dapat mempertimbangkan tarik ulur antara tingkat kompleksitas dan variabilitas proses bisnis dari *web service* yang mewakilinya.
5. Penelusuran *semantic web service* diawali dengan mencari kecocokan ontologi proses bisnis PPDB dengan nilai ambang tertentu. Hasil kecocokan ontologi tersebut digunakan untuk mencari detail semua *semantic web service* yang telah didaftarkan di server UDDI dan memiliki kesamaan taksonomi dengan ontologi yang ditemukan. Hasil pengolahan data menunjukkan tingkat kepresisian hingga 91.3%, sensitivitas atau *recall* mencapai 89.4%, dan rata-rata harmonik melalui F-Measure sebesar 0.903. Dari analisa ROC, sistem penelusuran *semantic web service* ini menunjukkan tingkat akurasi hingga 88.2%.

5.2 Saran

Adapun saran atau rekomendasi yang dapat disampaikan untuk menindaklanjuti penelitian dalam tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem pengambilan keputusan multi-kriteria untuk pemilihan *semantic web service* dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan skalabilitas dan ketersediaan *web service*. Pemeringkatan *web service* yang telah berdasarkan kriteria seleksi yang ditetapkan, dapat dipergunakan sebagai urutan prioritas pemenuhan permintaan layanan dari pengguna. Dengan demikian, pengguna senantiasa dapat dilayani oleh beragam *web service* yang sesuai dengan

kebutuhan proses bisnis dan kualitas layanan yang diharapkan tanpa perlu mencemaskan ketersediaan dan aksesibilitas dari satu sumber atau penyedia.

2. Metode pencocokan ontologi untuk penelusuran *semantic web service*, didasarkan pada kesesuaian model proses bisnis antara permintaan pengguna dan dukungan *web service*. Mekanisme pencocokan ontologi dapat dikembangkan atau disubstitusi dengan metode pencocokan ontologi yang lebih sensitif dalam mengukur konten atau konteks informasi ontologi yang tersedia. Penerapan algoritma-algoritma dalam bidang automata seperti *Context-Sensitive Grammar* maupun *Context-Free Grammar*, diharapkan dapat meningkatkan sensitivitas kesesuaian antara dua ontologi yang sedang dibandingkan.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- Akkiraju, R., Farrell, J., Miller, J., Nagarajan, M., Schmidt, M.-T., Sheth, A. dan Verma, K. (2005) *Web Service Semantics - WSDL-S*, W3C Member Submission.
- Ayağ, Z. (2005) 'A fuzzy AHP-based simulation approach to concept evaluation in a NPD environment', *IIE Transactions*, vol. 37, hal. 827–842.
- Baeza-Yates, R. and Ribeiro-Neto, B. (1999) *Modern Information Retrieval*, Addison Wesley.
- Baocai, Y., Huirong, Y., Pengbin, F., Liheng, G. and Mingli, L. (2010) 'A Framework and QoS Based Web Services', 2010 IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences (ICSESS), Beijing, hal. 755 - 758.
- Bianco, P., Lewis, G.A. and Merson, P. (2008) *Service Level Agreements in Service-Oriented Architecture Environments*, Software Engineering Institute.
- Cardoso, J. (2008a) 'Business Process Control-Flow Complexity', *International Journal of Web Services Research*, vol. 5, no. 2, hal. 49-76.
- Chi, Y.L. (2009) 'Ontology-based curriculum content sequencing system with semantic rules', *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 4, hal. 7838-7847.
- Clement, L. (2004) *Universal description, discovery, and integration version 3.0.2*, OASIS Standard.
- Eleyan, A. and Zhao, L. (2010) 'Extending WSDL and UUDI with Quality Service Selection Criteria', 3rd International Symposium on Web Services, Dubai.
- Euzenat, J. (2004) 'An API for Ontology Alignment', in *The Semantic Web – ISWC 2004*, Springer Berlin Heidelberg.
- Euzenat, J., Meilicke, C., Shvaiko, P., Stuckenschmidt, H. and Santos, T.d.C. (2011) 'Ontology Alignment Evaluation Initiative: six years of experience', *Journal on Data Semantics*, hal. 158-192.
- Farrell, J. and Lausen, H. (2007) *Semantic Annotations for WSDL and XML Schema*, W3C Recommendation.

- Fawcett, T. (2006) 'An introduction to ROC analysis', *Pattern Recognition Letters*, vol. 27, hal. 861–874.
- Flach, P.A. (2004) *The many faces of ROC analysis in machine learning*, Available: <http://www.cs.bris.ac.uk/~flach/ICML04tutorial/>.
- Flach, P.A. (2010) 'ROC Analysis', in *Encyclopedia of Machine Learning*, Springer US.
- Gomadam, K., Verma, K., Brewer, D., Sheth, A.P. and Miller, J.A. (2005) 'Radiant: A tool for semantic annotation of Web Services', 4th International Semantic Web Conference (ISWC 2005), Galway, Ireland.
- Gruhn, V. and Laue, R. (2006) 'Complexity Metrics for Business Process Models'.
- Hijriani, A. (2013) *Seleksi SAAS ERP Berdasarkan Kebutuhan Non-Fungsional Dengan Ontologi Service Level Agreement (SLA)*, Surabaya: Master Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Juric, M.B., Loganathan, R. and Sarang, P. (2007) *SOA Approach to Integration*, Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Kaufmann, A. and Gupta, M.M. (1991) *Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Application*, New York: Van Nostrand Reinhold.
- Kourtesis, D. and Paraskakis, I. (2008) 'Web Service Discovery in the FUSION Semantic Registry', *Information Systems Journal*, hal. 285-296.
- La Rosa, M., van der Aalst, W.M.P., Dumas, M. and Milani, F.P. (2013) *Business Process Variability Modeling: A Survey*, ACM Computing Surveys.
- Marimin, Djatna, T., Suharjito, Hidayat, S., Utama, D.N., Astuti, R. and Martini, S. (2013) *Teknik dan Analisis Pengambilan Keputusan Fuzzy Dalam Manajemen Rantai Pasok*, 1st edition, Bogor: IPB Press.
- Martin, D., Burstein, M., Hobbs, J., Lassila, O., McDermott, D., McIlraith, S., Narayanan, S., Paolucci, M., Parsia, B., Payne, T., Sirin, E., Srinivasan, N. and Sycara, K. (2004) *OWL-S: Semantic Markup for Web Services*, W3C Member Submission, Available: <http://www.w3.org/Submission/OWL-S>.
- Martin, D., Burstein, M., McDermott, D., McIlraith, S., Paolucci, M., Sycara, K., McGuinness, D.L., Sirin, E. and Srinivasan, N. (2007a) 'Bringing Semantics to Web Services with OWL-S', *World Wide Web*, vol. 10, no. 3, hal. 243-277.

- McIlraith, S.A., Son, T.C. and Zeng, H. (2001) *Semantic Web Services*, MARCH/APRIL edition, IEEE INTELLIGENT SYSTEMS.
- Muketha, G.M., Ghani, A.A.A., Selamat, M.H. and Atan, R. (2010) 'A Survey of Business Process Complexity Metrics', *Information Technology Journal* 9 (7), hal. 1336-1344.
- Natschlager, C. (2011) 'Towards a BPMN 2.0 Ontology', *Third International Workshop, BPMN*, hal. 1-15.
- Pabitha, P., Prabhu, J., Kumar, A.R., Premadhasan, R. and Rajaram, M. (2012) 'Semantic Annotation and QoS Based Ranking of Web Services using User Preferences', *European Journal of Scientific Research*, vol. 78, no. 2, hal. 293-303.
- Reichert, M. and Weber, B. (2012) *Enabling Flexibility in Process-Aware Information Systems*, Berlin : Springer Berlin Heidelberg.
- Roman, D., Keller, U., Lausen, H., de Bruijn, J., Lara, R., Stollberg, M., Polleres, A., Feier, C., Bussler, C. and Fensel, D. (2006) *Web Service Modeling Ontology (WSMO)*, WSMO Working Draft, Available: <http://www.wsmo.org/TR/d2/v1.3/>.
- Rospocher, M., Ghidini, C. and Serafini, L. (2014) 'An ontology for the Business Process Modelling Notation', *Formal Ontology in Information Systems. IOS Press*, hal. 133 - 146.
- Saaty, T.L. (2008) 'Decision Making with The Analytic Hierarchy Process', *International Journal of Service Science Vol 1, No.1*, hal. 83-98.
- Sanchez-Gonzalez, L., Garcia, F., Ruiz, F. and Mendling, J. (2012) 'Quality indicators for business process models from a gateway complexity perspective', *Information and Software Technology*, vol. 54, no. 11, hal. 1159-1174.
- Sarno, R. and et.al. (2011a) 'Improving Bussiness Process of Enterprise Resource Planngin Using Process Mining and Service Oriented Architecture : a Roadmap and Research Progress', *Proceeding of Industrial Engineering and Service Science*.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Pamekasan pada tanggal 19 Juni 1976, yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan dasar di SDN Barurambat Kota IV Pamekasan, SLTP Negeri 2 Pamekasan, dan SMA Negeri 1 Pamekasan. Pada tahun 1994 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan lulus tahun 2000. Selanjutnya, bekerja sebagai staf di Unit Pengkajian dan Penerapan Teknologi Informasi (UPPTI) Universitas Brawijaya hingga tahun 2007. Tahun 2006 penulis menjadi tenaga pengajar di Program Studi Ilmu Komputer Universitas Brawijaya. Kemudian, tahun 2012 penulis melanjutkan studi Strata-2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopemeber di Program Studi Teknik Informatika dengan mengambil bidang minat Rekayasa Perangkat Lunak dan lulus sebagai Magister Komputer pada tahun 2016. Untuk korespondensi, penulis dapat dihubungi melalui email nanang@ub.ac.id.